

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Jízdárna z materiálů na bázi dřeva

Riding hall made of wooden – based materials

Student:

Bc. Jana Sandriová

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.

Ostrava 2012

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Bc. Jana Sandriová

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Bc. Jana Sandriová

Anotace

Cílem mé diplomové práce je provedení návrhu dispozičního, stavebního a konstrukčního řešení jízďárny z materiálů na bázi dřeva. Součástí práce je dále vytvoření tří variant nosného systému zastřešení jezdecké haly a návrh skladby střešního a obvodového pláště. V úvodu práce jsem se zaměřila na teoretický rozbor a na rešerše staveb na bázi dřeva. Další část se týká konstrukčního řešení vybrané varianty. Hala je dispozičně řešena jako dvojloďná. Jako nosnou konstrukci zastřešení jsem si vybrala variantu obloukových vazníků z lepeného lamelového dřeva. Na vazníky je přenášeno zatížení prostřednictvím vaznic. Vaznice jsou z rostlého dřeva. Svislá nosná konstrukce je řešena železobetonovými sloupy, které jsou založeny na patkách. Provedla jsem statický výpočet rozhodujících nosných prvků, jejich vzájemných působení a spojů. Dále jsem navrhla nosnou konstrukci pro štítovou stěnu. Ta je tvořena sloupky, do kterých je přenášeno zatížení prostřednictvím paždíků. Na paždíky je ukotveno strukturální zasklení. Strukturálním zasklením je tvořen celý obvodový plášť.

Annotation

The aim of my diploma thesis is to create the layout design, construction and engineering solutions of the stables from wood-based materials. Part of the thesis is the creation of three further variants bearing system of roofing of the stables and a proposal composition of the roof cladding and facade. In the beginning I have focused on theoretical analysis and research of buildings based on wood. Next part of my work relates to the structural design of selected variants. The main hall of a riding stables is designed like a double nave. I have chosen a variation of an arc trusses of glued laminated timber like the roof supporting construction. On the girders is transmitted the load through purlins. The purlins are made of solid wood. The vertical supporting construction is solved by reinforced concrete columns, which are based on the footing. I have conducted the static calculation of decisive load bearing elements, their interactions and connections. In addition I have proposed a supporting construction for the gable wall. It is composed by columns to which the load is transmitted through the sills. On the sills is anchored the structural glazing. The whole facade is made by a structural glazing.

Obsah

1. Úvod	3
1.1. Všeobecný úvod	3
1.2. Rešerše nosných systémů hal z materiálů na bázi dřeva	3
1.2.1. Bazén Kohoutovice v Brně	3
1.2.2. Zimní stadion Krnov	6
1.2.3. Tenisová hala Špindlerův Mlýn	7
1.2.4. Jízdárna Radimovice – Horse Academy	8
2. Halové systémy	9
2.1. Konstrukční systémy halových staveb	9
2.2. Funkce a součásti halových a velkoobjemových objektů	12
2.3. Vývoj a historie nosných konstrukčních systémů halových objektů	14
2.4. Principy statického a konstrukčního chování halových objektů	17
2.5. Haly sportovní	22
2.5.1. Haly jako jízdárny	22
2.5.2. Typologie stájí	23
2.6. Materiálové varianty řešení	23
2.6.1. Dřevo jako konstrukční materiál	25
3. Průvodní a technická zpráva	31
3.1. Zadání	32
3.2. Popis haly	32
3.3. Kapacitní možnosti haly	32
3.4. Situování haly	32
3.5. Dispoziční řešení	34
3.6. Varianty konstrukčního řešení zastřešení jízdárny	35
3.6.1. Variantní řešení č. 1	35
3.6.2. Variantní řešení č. 2	36
3.6.3. Variantní řešení č. 3	37
3.6.4. Vyhodnocení variant	38
3.7. Popis zvolené konstrukce – Varianta č. 1	38
3.7.1. Geometrie konstrukce	38
3.7.2. Výpočtový model	39
3.7.3. Zatížení	40

3.7.4.	Střešní plášť	40
3.7.5.	Vaznice	41
3.7.6.	Vazník	41
3.7.7.	Ztužidla.....	42
3.7.8.	Sloupy.....	42
3.8.	Obvodový plášť	42
3.9.	Výroba konstrukce a materiálu.....	43
3.9.1.	Výrobní požadavky LLD.....	43
3.9.2.	Požadavky na užitné vlastnosti LLD	43
3.9.3.	Požadavky na výrobu betonové směsi.....	44
3.9.4.	Výztuž	44
3.10.	Montáž konstrukce	44
3.11.	Ochrana konstrukce	45
3.12.	Závěr.....	45
4.	Seznamy	46
4.1	Seznam použitých pramenů.....	46
4.1.1.	Literatura	46
4.1.2.	Internet.....	47
4.2.	Seznam obrázků	47
4.3.	Seznam použitých programů	48
4.4.	Seznam příloh.....	49
4.5.	Seznam výkresů.....	49

1. Úvod

1.1. Všeobecný úvod

Cílem diplomové práce bylo navrhnout tři varianty nosného systému jezdecké haly se stáji z materiálů na bázi dřeva. Vše bylo navrženo tak, aby bylo dosaženo co nejhospodárnějších průřezů (Konstrukce byla navržena s ohledem na hospodárné využití materiálů). Konstrukce vyhovuje normám, platným pro navrhování dřevěných, ocelových a betonových konstrukcí.

Dalším úkolem bylo vytvoření návrhu dispozice haly. Hala je rozdělena na dvě části. V první části je umístěna jezdecká a závodní aréna s tribunami pro pohyb osob, ve druhé je situována stáj pro trvalý pobyt koní s potřebným zázemím.

1.2. Rešerše nosných systémů hal z materiálů na bázi dřeva

Inspirace, pro volbu nosných systémů a pro tvorbu dispozic, byla nalezena v referenčních stavbách. V následujících odstavcích jsou uvedeny vybrané stavby, které jsou zajímavé jak svým vzhledem, tak i nosným systémem.

1.2.1. Bazén Kohoutovice v Brně

Objednatel stavby: MÚPO spol s r.o. se sídlem v Brně

Generální dodavatel stavby: STAVOPROGRES BRNO, spol. s r.o.

Bazén se nachází v centru panelového sídliště v Brně – Kohoutovice. Organická forma stavby připomínající pásovce je záměrně navržena jako protiklad ke kvadratické sídlištní zástavbě.

Prostor bazénové velkoplošné haly je opláštěný tmavě šedým předzvětralým titan-zinkovým plechem, jehož patina je díky řízenému procesu zvětvávání jednolitá. Mezi jednotlivými segmenty halových vazníků jsou umístěny prosklené pruhy, které zajišťují prosvětlení haly.

Konstrukci vstupního bloku provozní části tvoří ocelové a železobetonové nosné prvky v kombinaci s montovaným pláštěm fasády. Střešní terasa s bazénem je provedena jako železobetonová deska podepřená železobetonovými stěnami a sloupy, které podpírají přístupovou lávku na terasu a na galerii s občerstvením.

Konstrukci bazénové haly tvoří organická struktura kombinovaných vazníků z lepeného dřeva a oceli.

Lepené lamelové dřevo, jako základní konstrukční materiál, byl zvoleno, protože tato moderní technologie výroby umožňuje navrhovat konstrukce velkých rozpětí a různých tvarů. Zároveň je vhodným materiálem, který odolává vlhkosti bazénového prostředí.

Hlavním nosným prvkem zastřešení bazénu je devět příčně osazených lepených lamelových obloukových nosníků s proměnnou délkou a výškou. Prostřednictvím vaznic se vzpěrami, se do obloukových vazníků přenáší zatížení. Tuhost v horizontálním směru zajišťuje dřevěná klenbová skořepina. [1]

Fotogalerie nosné konstrukce stavby bazénu:



Obr. č. 1 – viz [1]



Obr. č. 2 – viz [1]

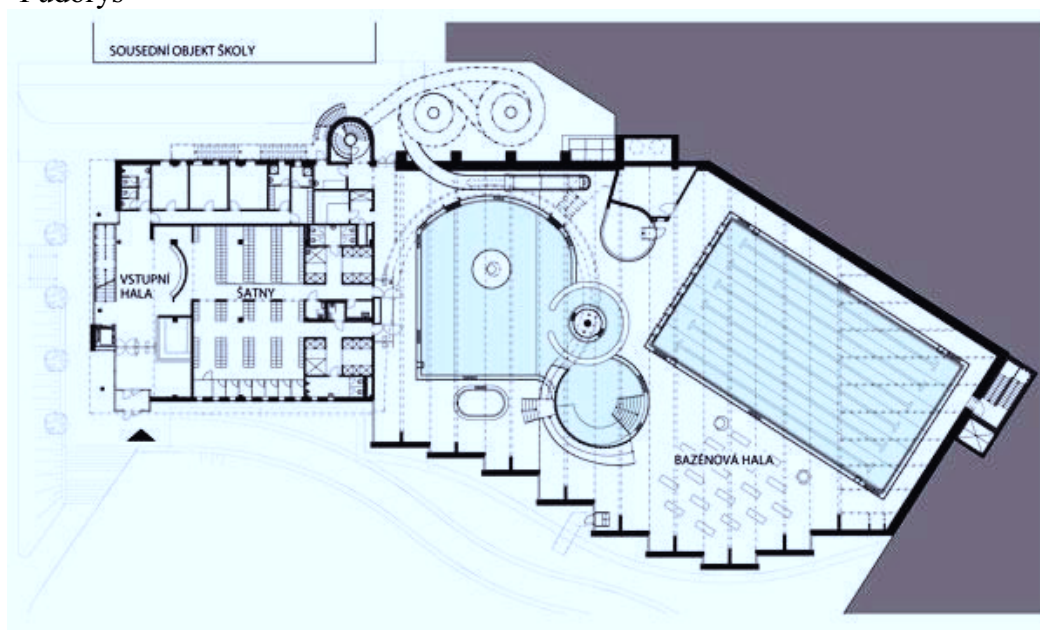


Obr. č. 3 – viz [1]



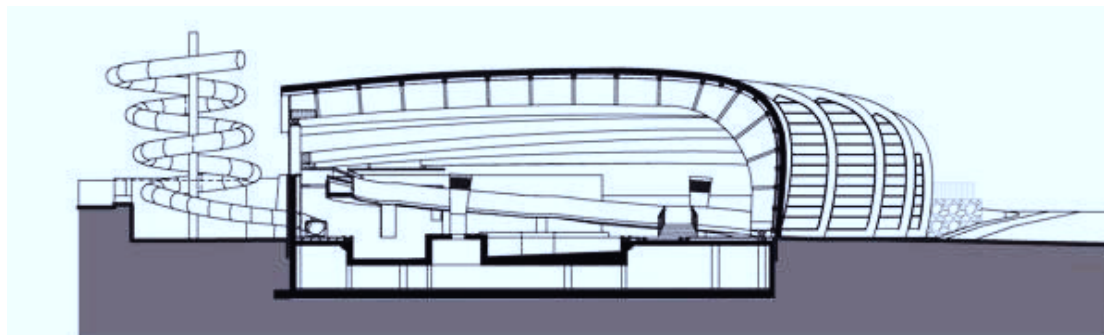
Obr. č. 4 – viz [1]

Půdorys

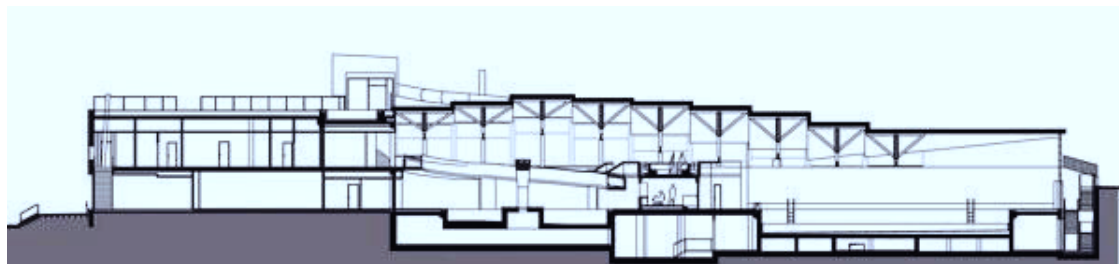


Obr. č. 5– viz [1]

Řez příčný a podélný



Obr. č. 6– viz [1]



Obr. č. 7– viz [1]

Fotografie exteriéru stavby aquaparku:



Obr. č. 8– viz [1]



Obr. č. 9 – viz [1]

1.2.2. Zimní stadion Krnov

Zimní stadion v Krnově byl realizován v roce 2003. Zastřešení stadionu ve tvaru výseku válcové plochy je řešeno trojkloubovými obloukovými nosníky o rozpětí 60 m mezi podporovými bloky. Pro zajištění stability oblouků jsou v místě tribun osazeny pomocné sloupy. Konstrukce štítů je tvořena nosnými sloupy s paždíky, které plní i zavětrovací funkci pro sloupy.[2]

Materiály:

Lepené lamelové dřevo - GL24h

Řezivo – S10

Ocel S235, S355

Fotogalerie stavby:

Obr. č. 10 – viz [2]



Obr. č. 11 – viz [2]



Obr. č. 12 – viz [2]



Obr. č. 13 – viz [2]

1.2.3. Tenisová hala Špindlerův Mlýn

Dřevěnou konstrukci střešního pláště tvoří lepené lamelové vazníky s rozpětím 38 m v osové vzdálenosti 3,6 m v podélném směru. Vazníky jsou dvojkloubově uloženy do ocelových stojek. Díky poloze umístění v horském prostředí je konstrukce střešního pláště haly namáhána extrémní tíhou sněhu. Střešní nosníky jsou tvořeny rovnými lepenými lamelovými vazníky, tuhost střešního pláště je zajištěna vaznicemi z BSH a ocelovými táhly. [2]



Obr. č. 14 – viz [2]



Obr. č. 15 – viz [2]



Obr. č. 16 – viz [2]



Obr. č. 17 – viz [2]

1.2.4. Jízdárna Radimovice – Horse Academy

Zastřešující nosná konstrukce haly je tvořena obloukovými trojkloubovými vazníky s nízkým vzepětím. Tuhost vazníků je zajištěna ocelovými táhly. Rozpětí konstrukce je 24 a 30 m. Vazníky jsou uloženy na ocelových sloupech. Štitová stěna haly je provedena z dřevěných sloupků z lepeného lamelového dřeva, které jsou kotveny do věnců štitového zdiva. Střešní plášť je zakryt bedněním. [2]



Obr. č. 18 – viz [2]



Obr. č. 19 – viz [2]



Obr. č. 20 – viz [2]



Obr. č. 21 – viz [2]

2. Halové systémy

Základní funkcí konstrukce hal je:

- Ochrana vnitřního prostoru před klimatickými vlivy – tj. vytvoření nosné kostry pro střešní a stěnové opláštění.
- Zajistit požadovaný provoz – konstrukční uspořádání je podřízeno požadavkům provozu.

Haly lze dělit dle rozpětí:

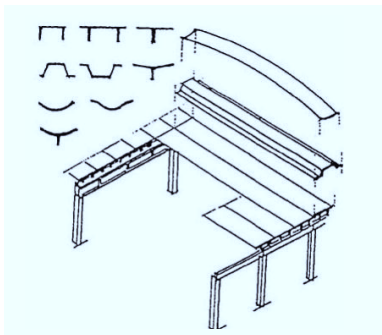
- Haly běžného rozpětí (přibližně do 36 až 48m)
- Haly velkého rozpětí

2.1. Konstrukční systémy halových staveb

Volba konstrukce haly zcela zásadním způsobem ovlivní výsledný architektonický výraz. Každý použitý konstrukční materiál má jiné statické vlastnosti a tím jiné možnosti řešení tvaru. Při zastřešení velkých rozponů je nutné vycházet ze statického schématu, které určí tvarovou koncepci celého díla. Jednota formy, funkce a konstrukce tedy nabývá na významu, stejně jako spolupráce architekta a statika.

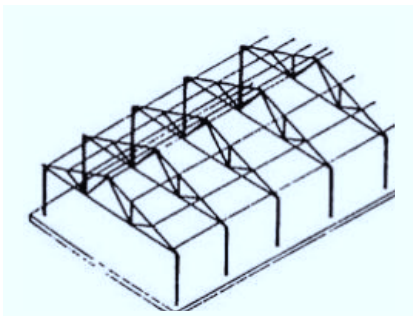
A/ Konstrukční systémy namáhané převážně na ohyb

- Deskové soustavy



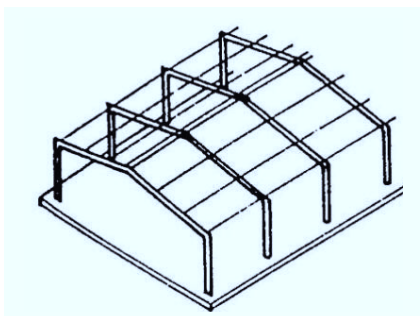
- Betonové bezvazníkové soustavy
- Příhradové – strukturální konstrukce

- Vazníkové soustavy



- S betonovými prvky
- S ocelovými prvky
- S dřevěnými prvky

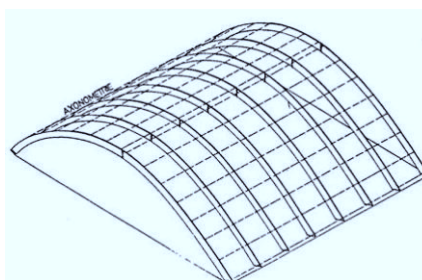
- Rámové soustavy



- Betonové
- Ocelové
- Dřevěné rámové soustavy

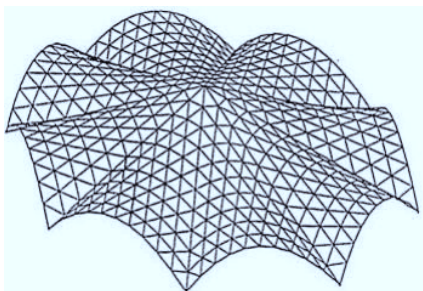
B/ Konstrukční systémy převážně tlačené

- Obloukové soustavy



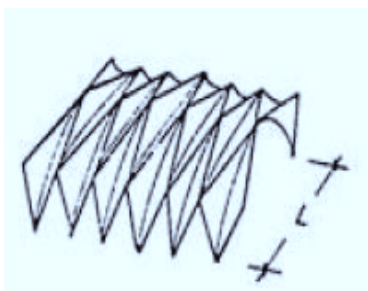
- Betonové
- Ocelové
- Dřevěné

- Plošné tlačené konstrukce



- Klenby
- Skořepiny

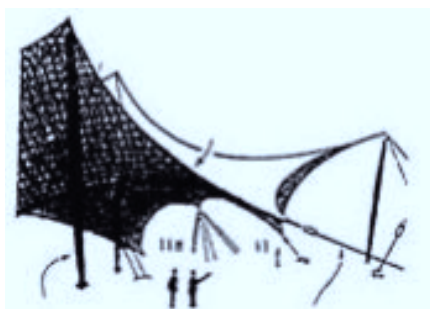
- Prutové a lomenicové struktury



- Prutové
- Lomenicové

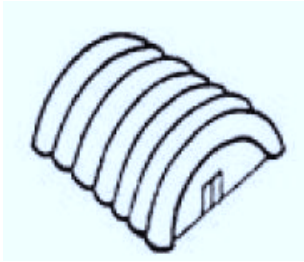
C/ Konstrukční systémy převážně tažené

- Soustavy visuté



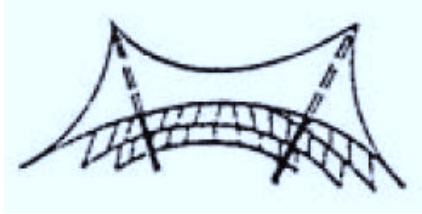
- Vazníky
- Lanové konstrukce
- Membránové konstrukce

- Soustavy pneumatické



- Nízkotlaké
- Vysokotlaké

- Soustavy zavěšené



2.2. Funkce a součásti halových a velkoobjemových objektů

Objekty halového typu umožňují tvorbu volných vnitřních prostor s malým počtem nebo zcela bez vnitřních podpor. Užívají se zejména tehdy, nevyžaduje-li provozní uspořádání více výškových úrovní užitných prostor nad sebou.

Halový objekt může zahrnovat i vnitřní vestavěná podlaží s různými nároky na užitnou výšku prostor:

- Dvoupodlažní haly
- Velkoobjemové haly
- Kombinované monobloky

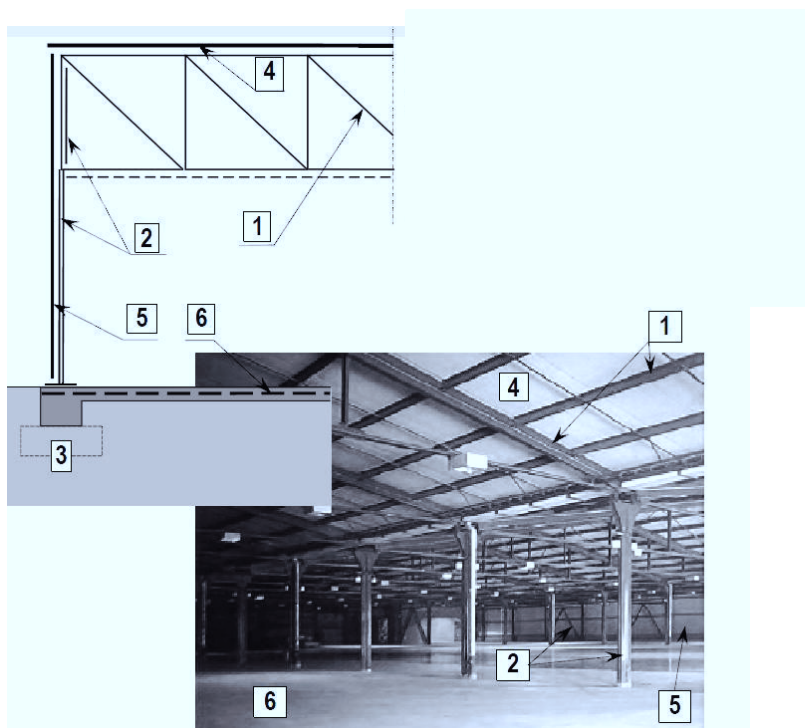
Častá využití halových objektů:

- Kultury – kina, divadla, výstavní pavilony, shromažďovací sály...
- Sportu – víceúčelové a sportovní haly, zastřešení tribun stadiónů, plavecké bazény...

- Dopravy – nádražní haly, zastřešení nástupišť, automobilové a autobusové garáže, opravny, kryté doky, lokomotivní depa...

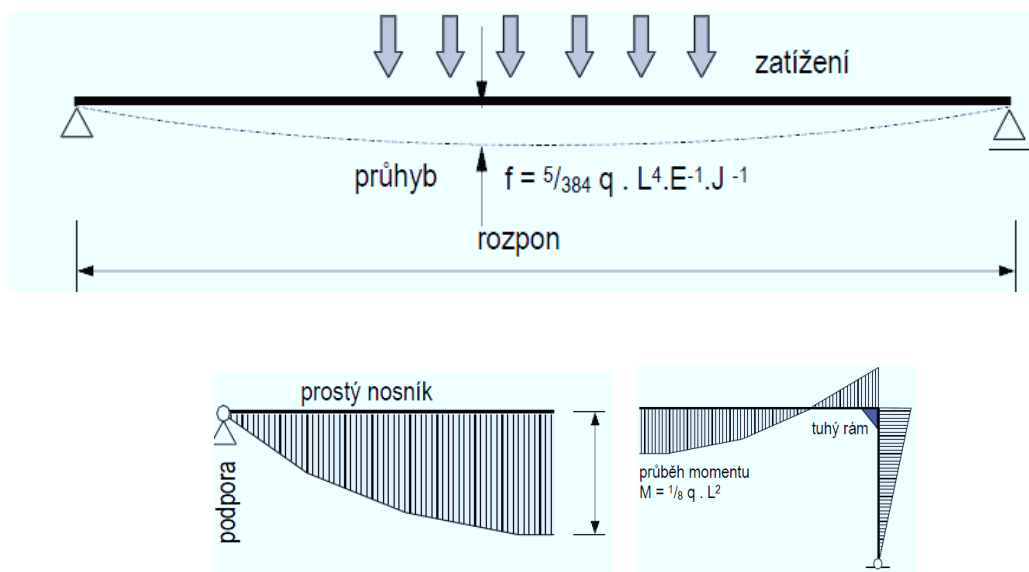
Objekt haly se skládá z:

- **Nosné funkce** – přenáší statické a dynamické účinky klimatických zatížení, vlastní tíhu obalových a nosných konstrukcí, užitná a provozní zatížení. Sestává z konstrukcí:
 - Nesoucí střechu (4.)
 - Podpůrných a ztužujících (5.)
 - Základů (6.)
- **Obalové funkce** – zabezpečuje požadovaný stav vnitřního prostředí. Sestává se:
 - Střešního pláště (1.)
 - Obvodového pláště (2.)
 - Hydroizolačního systému spodní stavby (3.)



Nosná konstrukce a její funkce

Důležitým parametrem návrhu je požadavek na volné rozpětí konstrukce L (rozpon). Hodnota ohybového momentu M je kvadraticky úměrná rozponu, u průhybu f je rovna rozponu ve čtvrté mocnině.



2.3. Vývoj a historie nosných konstrukčních systémů halových objektů

Vývoj se odvíjel od potřeby stavět a vytvářet stále větší a objemnější prostor. Hledaly se proto konstrukce s většími rozpory a s nimi souvisejícími materiály, které by byly pro tyto konstrukce vhodné.

Do 18. Století se používal především kámen, dřevo, hlína a pálená cihla. Následný vývoj dovolil využít litinu, ocel a tím vznik příhradových konstrukcí. V současnosti převládají monolitický/prefabrikovaný železobeton, skořepiny, lepené dřevo, kompozitní materiály, torketování tenkostěnných konstrukcí, plasty, slitiny lehkých kovů...

Přednosti a využití jednotlivých materiálů:

- Dřevo – konstrukce přenáší zatížení převážně ohybem
- Kámen, pálená cihla – přenos zatížení převážně tlakem, konstrukce kleneb (gotika) a kupolí (renesance), desky se odlehčují v tyčové prvky, žebra.
- Litina, ocel – využití velmi dobrých tahových vlastností – táhla, armatura do železobetonu, visuté a zavěšené konstrukce, rozvoj velko-rozponových příhradových konstrukcí mostů a zastřešení.
- Beton a železobeton – žebrové konstrukce (Monier 1867, Henebique 1897), předpjaté a spřažené konstrukce (Freyssinet), tenkostěnné skořepiny (Nervi), prefabrikace.

Velkorozponové stavby nové doby

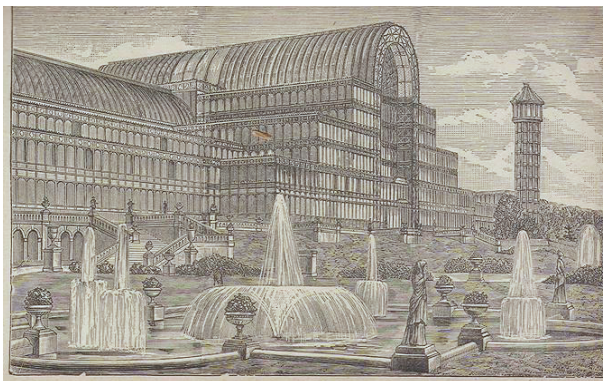
- Litina, ocel, beton, zdivo, kámen – příhradové obloukové konstrukce



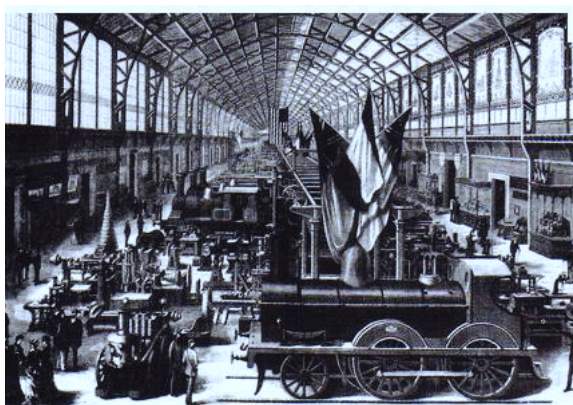
Obr. 22 Nádražní hala Kings Cross, Londýn [3]



Obr. 23 Haly hlavního (Wilsonova) nádraží, Praha [4]



Obr. 24 Výstavní palác Crystal Palace, Londýn, Anglie, Joseph Paxton – svářková ocel, litina sklo, 563x124m [5] [6]



Obr. 25 Machine Hall, Paris, Francie, Contamin, Duefert 1889 [7] [8]

Haly a obdobné stavby pro velká rozpětí 19. a 20. Století

- Litina, ocel, beton, zdivo, kámen.



Obr. 26 Most Císaře Františka Josefa 1. 1865-68 (Eliščin most, dnes Štefánikův most 1951) [9]



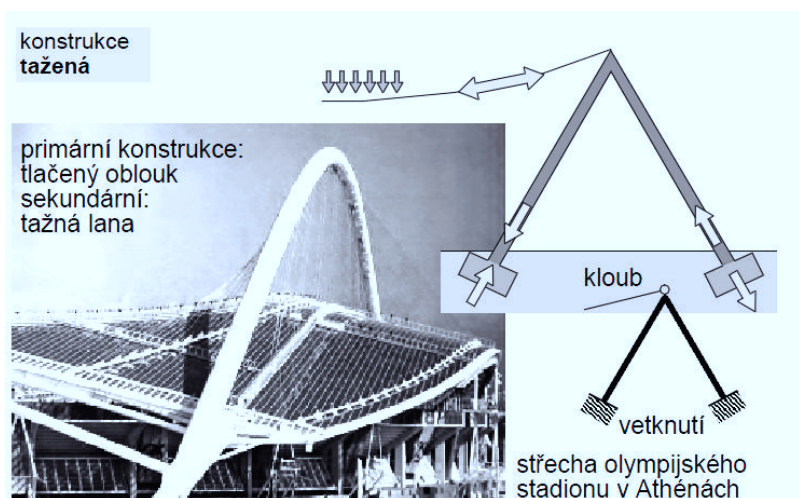
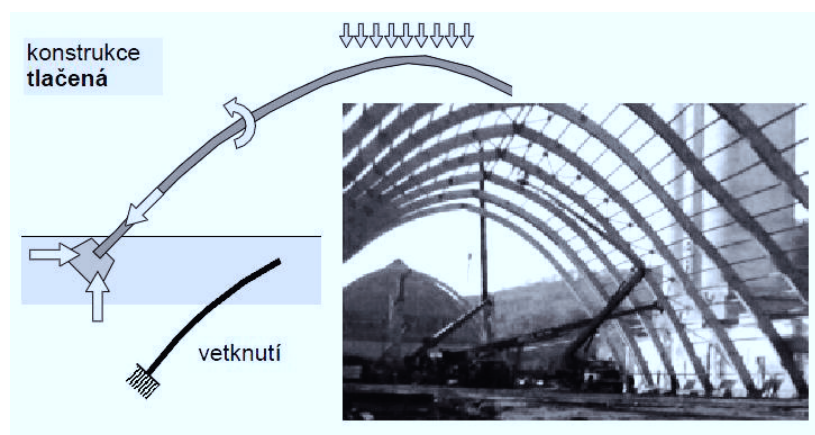
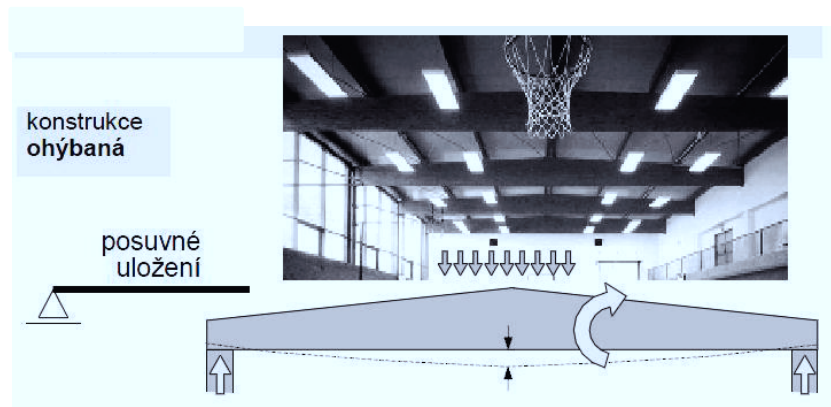
Obr. 27 Visutý řetězový most přes Vltavu v Podolsku (90m), projekt ing. Gassner, B. Snirch 1847 [10]



Obr. 28 Botanická zahrada Schonbrunn, Wien, Österreich [11]

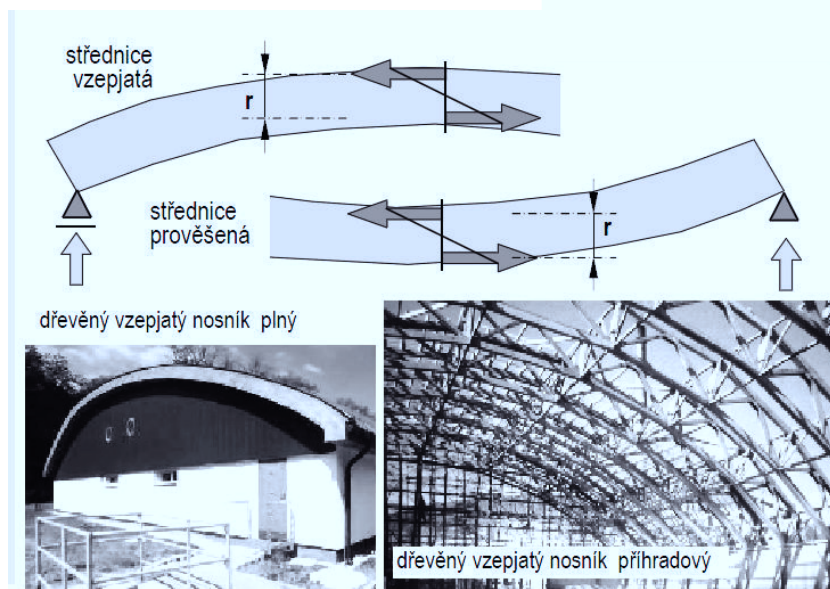
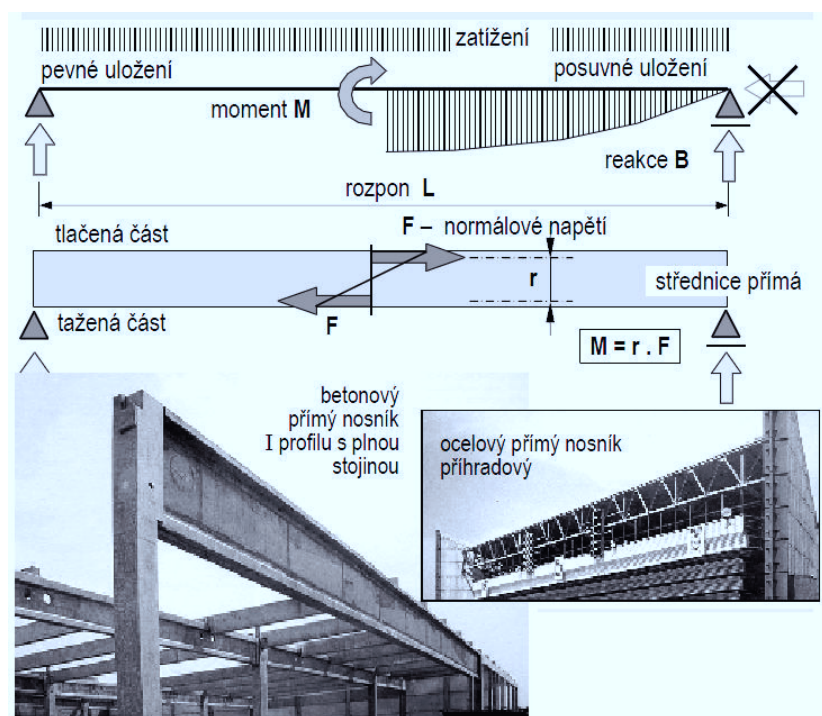
2.4. Principy statického a konstrukčního chování halových objektů

- Ohýbaný, tlačенý, tažený konstrukční systém.
- Podstatou návrhu nosné konstrukce halového objektu je výběr vhodného schématu příčně zatížené – rozporné konstrukce, přenášející svislé zatížení do podpor.



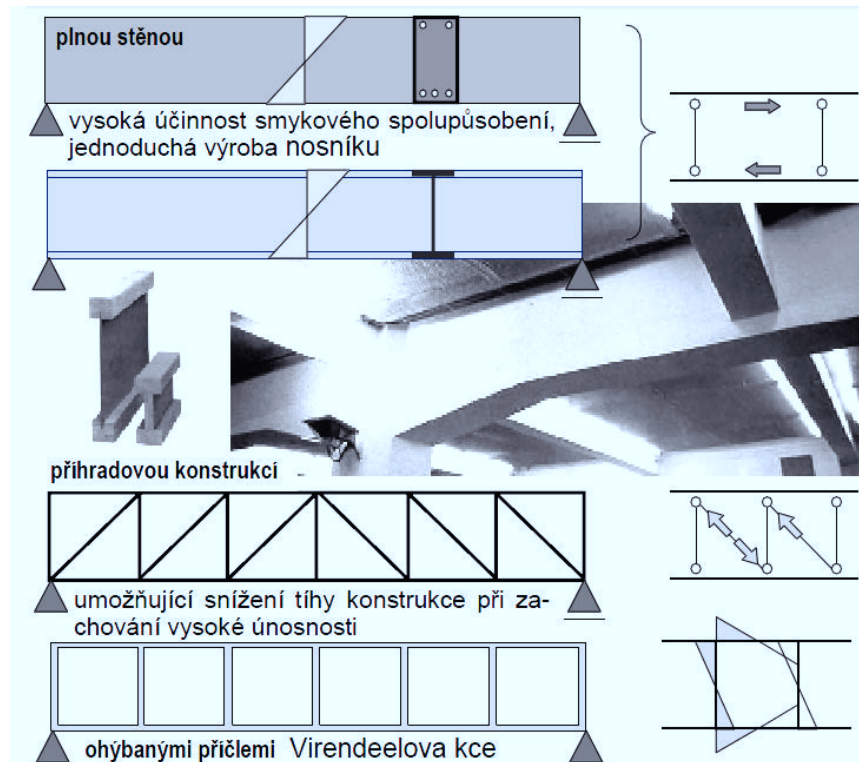
Konstrukce ohýbaná

- Nosník převážně namáhaný na ohyb

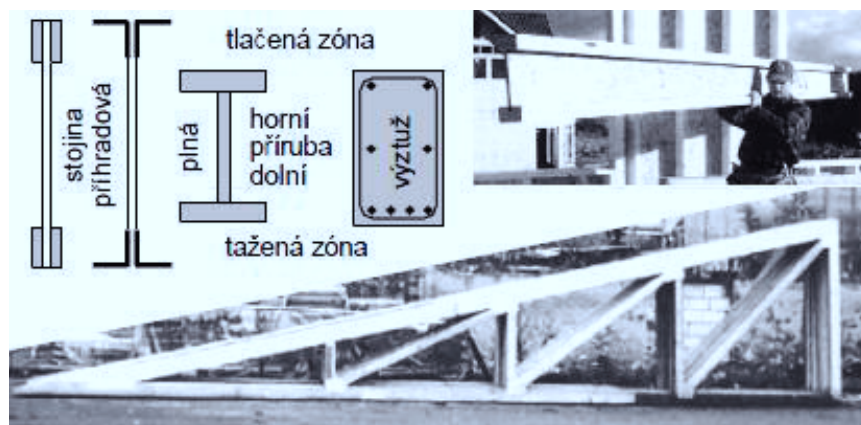


- Možnosti konstrukčního řešení ohýbaného prvku

Schopnost konstrukce přenést ohybový moment je podmíněna možností vzniku zmiňované dvojice sil v tažené a tlačené části průřezu a rovněž smykovým propojením obou částí.

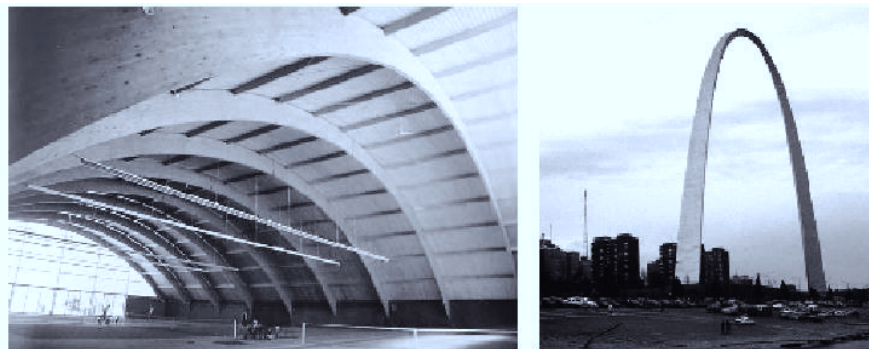
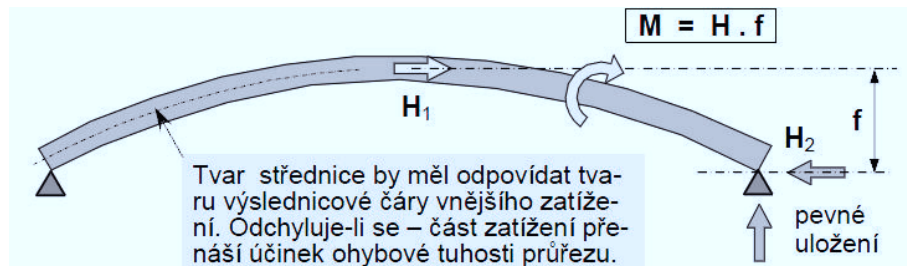


Smykové spolupůsobení umožňuje zapojení tlačené a tažené části do jednoho průřezu.



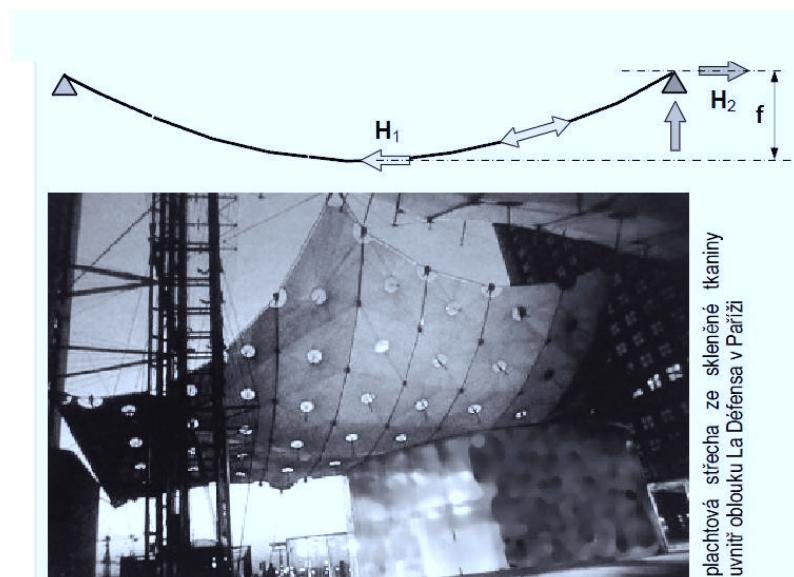
Zamezením vodorovnému posunu konstrukce, vznikne v podpoře vodorovná tahová nebo tlaková rozměrová síla H_2 . Její velikost je závislá na nadvýšení či průvěsu f konstrukce. Ohybový moment M je přenášen dvojicí sil – osovou H_1 a vodorovnou H_2 . Ramenem f těchto sil je vzepětí nebo průvěs konstrukce.

- **Konstrukce tlačená – tlačný oblouk**



- **Konstrukce tažená – visutý lanový či membránový prvek**

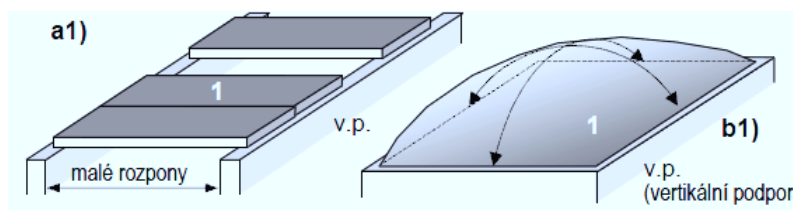
Tažená konstrukce má minimální ohybovou tuhost. Je nucena se svým tvarem přizpůsobit výslednicové čáře zatížení a veškeré zatížení přenáší normálová síla.



Stupňovitost statického uspořádání nosného systému

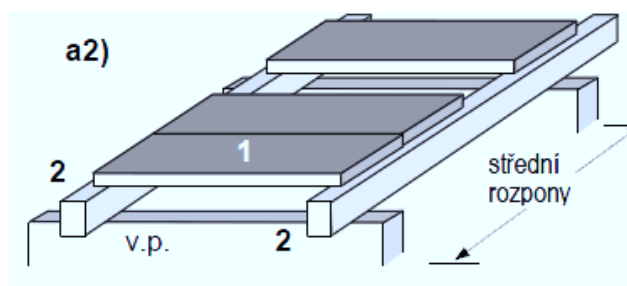
- Jednostupňová konstrukce

Přenášejí primární zatížení přímo do vertikálních podpor (stěn, rámců). Zahrnuje pouze jeden prvek – ohýbanou desku (a_1), nebo tlačnou klenbu (b_1) či visutou taženou membránu. Konstrukce je jednoduchá, menší únosnosti a pro malé rozpory.



- Dvoustupňová konstrukce

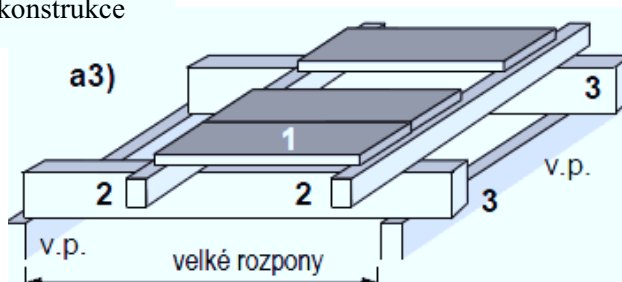
Kombinace malorozponových prvků plošného charakteru (1) a tyčových nosníků většího rozponu (2) ležících na vertikálních podporách (v.p.). Také nosníky mohou přenášet zatížení ohybem, tlakem nebo tahem. Specializace prvků zastřešení na dílčí nosné funkce umožňuje zvětšení rozponu oproti jednostupňové konstrukci, která by byla na toto rozpětí příliš těžká.



- Třístupňová konstrukce

Přibírá další tyčový prvek „3“ (ohýbaný, tlačný či tažený), což dále umožňuje zvětšovat vzdálenosti vertikálních podpor a tím rozpon halové stavby. Volba konstrukčního schématu a jeho rozměrů se optimalizuje v závislosti na zatížení, materiálu a konstrukčních variantách jednotlivých částí zastřešení.

Schéma třístupňové konstrukce



2.5. Haly sportovní

Architektonické i konstrukční řešení hal je ovlivněno mimo jiné taky vzájemným provozním a hmotovým uspořádáním jednotlivých prostorů, které jsou součástí stavebního programu sportovního zařízení. V zásadě lze říct, že se jedná o vztah hlavního sportovního prostoru, který obvykle má charakter haly o velkém rozponu i velké výšce, a doplňujících prostorů. Podle charakteru staveniště a jeho velikosti a v závislosti na urbanistických vztazích je možné volit různé uspořádání. Celé sportovní zařízení může být řešeno jako kompaktní monoblok s tím, že prostory jsou uspořádány nad sebou, případně vedle sebe. Může však být přiznán rozdílný charakter jednotlivých prostorů a hlavní sportovní prostor může být řešen jako samostatná, obvykle dominantní hmota. Toto řešení může být jednodušší z konstrukčního hlediska, ale vyžaduje větší staveniště. Řešení také ovlivní skutečnost, jestli u sportovního prostoru je tribuna pro diváky a s jakou kapacitou.

2.5.1. Haly jako jízdárny

V poslední době obliba jezdeckého sportu výrazně stoupá. Jezdeckví se v rekreační podobě provozuje hlavně ve volné přírodě. Pro potřebu soutěží se zřizují závodiště či parkur s překážkami. Pro pořádání závodů v nepříznivém počasí a pro zimní přípravu koní se buduje krytá jízdárna. Požadavky na její velikost vyplývají z toho, že kromě případného hlediště jsou potřeba tyto nejmenší rozměry:

- Pro trénink a pro krasojízdu 20 x 40 m
- Pro drezúru 25 x 60 m
- Pro skokové soutěže 35 x 80 m

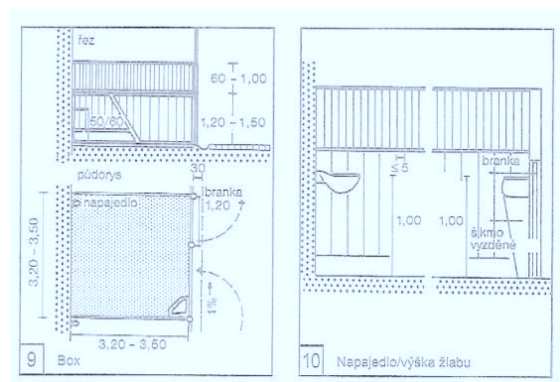
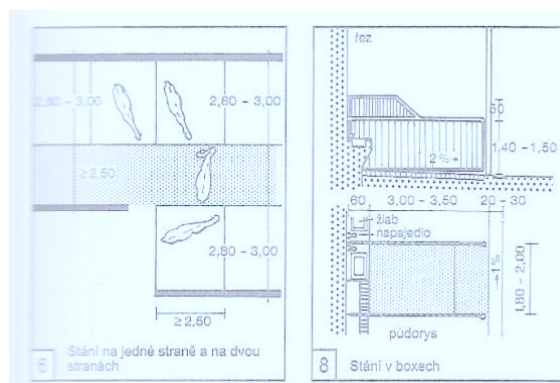
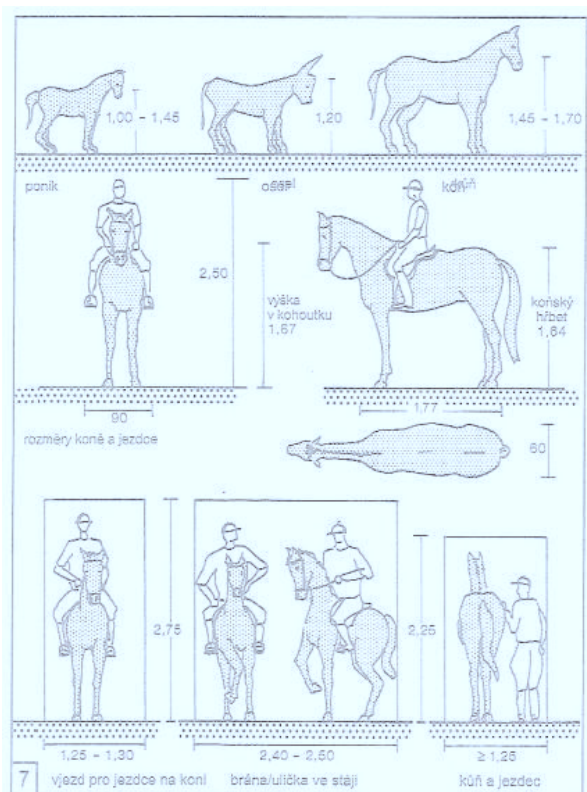
Nejmenší světlá výška jízdárny je sedm metrů. Na podlaze je vrstva 15 – 20 cm, případně vrstva 30 cm pilin. Podloží musí být propustné nebo oddrenážované.

Stavební program sportovního zařízení pro jezdeckví se liší podle velikosti a účelu provozu a hlavně podle počtu ustájených koní. Těžištěm programu jsou vždy prostory pro ustájení koní a prostory, které slouží k jejich ošetřování a zásobování. Tyto prostory vždy musí být postaveny jako jeden uzavřený celek. (Nauka o budovách – stavby pro sport)

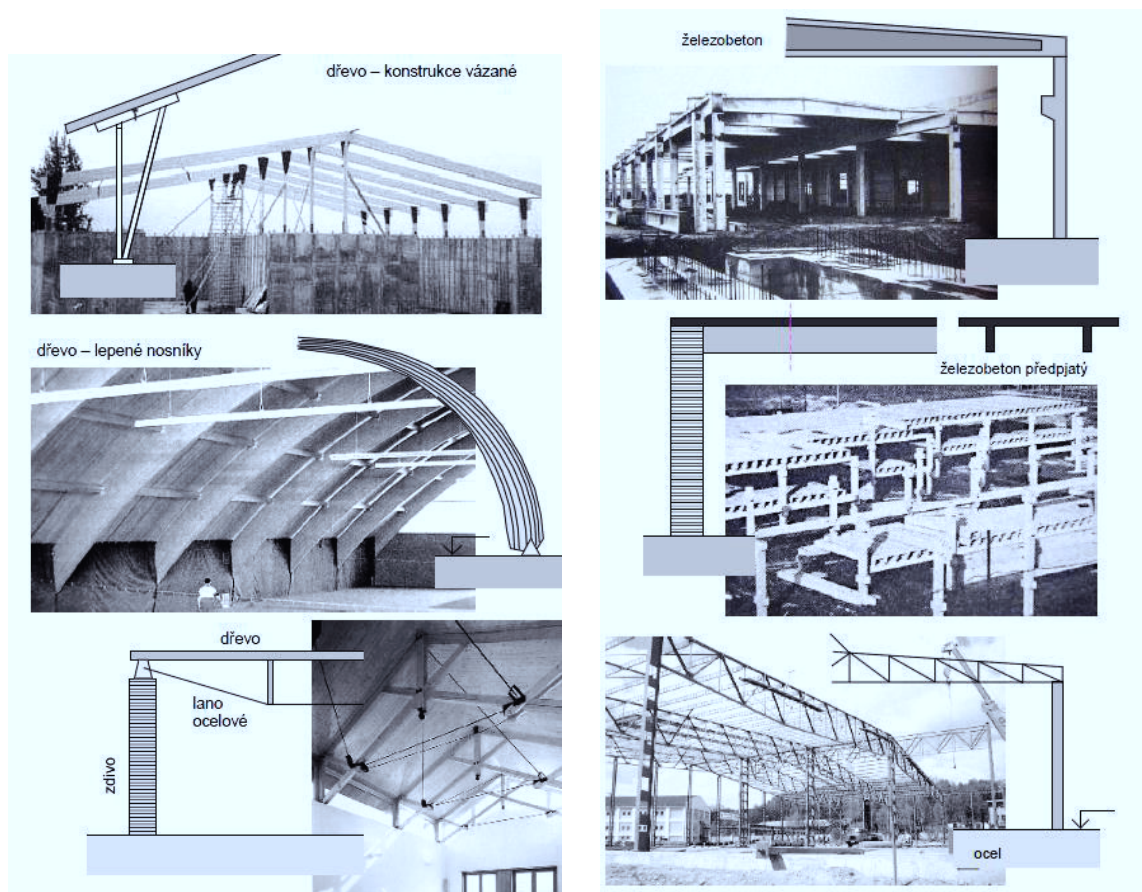
2.5.2. Typologie stájí

Technická norma upravující rozměry jízdárny neexistuje.

Stáj s místy pro uvázání koní je na ustájení jezdeckých koní nevhodná. I při velkorysém navrhování rozměrů boxů ve stáji je nezbytný prostor pro volný pohyb. Přiměřená plocha boxů je dána délkou těla koně, charakteristikou typu, respektive plemene koně a jeho chování. Protože délka koně se neměří, musí jako určující platit výška v kohoutku. Z výšky jezdeckého koně v kohoutku 1,60 – 1,65 m vyplývá velikost plochy asi 10,5 m². Rozměr boxu 3,0 x 3,5 m, při mimořádné délce 2,5 x 4,5 m. Aby se mohl kůň bezpečně otočit, musí ve stáji být ulička široká 2,50 m.



Materiál se volí podle charakteru namáhání nosných prvků (tah, tlak, ohyb, smyk). Tomu vyhovují: dřevo, lepené dřevo, železobeton, předpjatý beton, ocel a lehké slitiny. Tažené visuté a pneumatické konstrukce využívají kromě dřeva a oceli také kompozity, plasty a textilie. Prostý beton a cihly se využívají pro tlačené podpěrné části (stěny, pilíře).



Výhodou soustavy, u které převažuje jedinný materiál je umožnění jednotné technologie a údržby. Prvky v konstrukci mají také stejnou životnost.

Naproti tomu kombinované soustavy poskytují efektivnější využívání vlastností rozdílných materiálů.

2.6.1. Dřevo jako konstrukční materiál

Dřevo jako konstrukční materiál je z hlediska navrhování a posuzování porovnatelné s ocelí. Dřevěné konstrukční prvky jsou vhodné zejména pro přenos tahových, tlakových a ohybových namáhání. Působí-li však napětí kolmo k vláknům, vzniká riziko rozštěpení dřeva. Dřevo se vzhledem k jeho vysokému poměru pevnosti k hmotnosti často používá pro střechy, lávky pro pěší a cyklisty. Konstrukční prvky ze dřeva mohou být vzhledem k snadné zpracovatelnosti vyráběny v řadě velikostí a tvarů.

Dřevo se uplatnilo jako první materiál pro zastřešení hal. Jednou z nejpozoruhodnějších konstrukcí bylo zastřešení Wastfalahalle v Dortmundu zničené za války. Halu tvořily obloukové příhradové vazníky s rozponem 78 m v osových vzdálenostech 20 m.



Obr. 29 Wastfalahalle v Dortmundu [12]

2.6.1.1. Lepené lamelové dřevo

Výhodné řešení pro zastřešení velkých rozponů jsou lepené dřevěné nosníky. Lepené lamelové dřevo je vysokohodnotný inženýrský konstrukční materiál, který v řadě případů nahradil tradiční používání rostlého dřeva. Příčinou je řada výhod oproti rostlému dřevu.

Lepené lamelové dřevo můžeme najít pod českou zkratkou LLD nebo pod německou zkratkou BSH. Tento materiál se vyrábí vzájemným lepením lamel z masivního dřeva. Jednotlivé lamely jsou délkově nastavovány zubovitým spojem a bočně lepeny. Lepená spára nemá negativní vliv na mechanické vlastnosti, prvek z lepeného lamelového dřeva se tedy posuzuje jako celistvý profil. Minimálně jsou slepeny tři lamely.

Výhody lepeného lamelového dřeva

- Homogennější skladba průřezu, vyšší hodnoty mechanických vlastností, možnost kombinace lamel různé pevnosti
- Výhodný poměr vlastní hmotnosti ke statické únosnosti, na velká rozpětí střešních konstrukcí
- Vyšší odolnost proti vzniku trhlin, než u řezaného dřeva
- Tvarová stálost
- Možnost výroby libovolných geometrických tvarů prutů a dílců velkých průřezových rozměrů a délek
- Přírodní materiál – vytvářející příjemné prostředí a je recyklovatelný
- Suchá montáž – nezáleží na ročním období
- Výborné tepelné vlastnosti
- Vyšší požární odolnost než u ocelových konstrukcí
- Odolné agresivním látkám – chemicky, tvarově a teplotně stálé

[13]

Mechanické vlastnosti LLD (podle ČSN EN 1194/1999)

Třída jakosti		BS11	BS14	BS16	BS18
Třída pevnosti dle ČSN EN 1194: 1999		GL24	GL28	GL32	GL36
Charakteristické hodnoty pevností v N/mm^2					
Ohyb	$f_{m,k}$	24	28	32	36
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	16,5	19,5	22,5	26
Tah kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,4	0,45	0,5	0,5
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	24	26,5	29	31
Tlak kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,7	3	3,3	3,6
Smyk	$f_{v,k}$	2,7	3,2	2,5	2,5
Charakteristické hodnoty tuhostí v kN/mm^2					
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,\text{mean}}$	11,6	12,6	13,7	14,7
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,\text{mean}}$	0,39	0,42	0,46	0,49
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	G_{mean}	0,72	0,78	0,85	0,91
Hustota v kg/m^3					
Hustota	γ_k	380	410	430	450

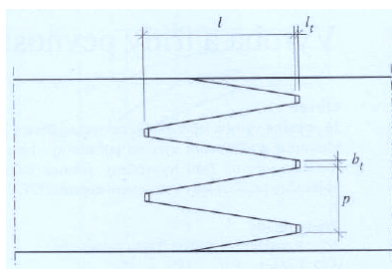
Výroba lepeného lamelového dřeva

Příprava řeziva

Lepené lamelové dřevo je tvořeno z řeziva s konečnou tloušťkou nejvýše 45 mm a délkou mezi 1,5 a 5 metrů. Řezivo, které přichází ze skladu ve venkovním prostředí, se nejprve uměle vysuší. Je to z důvodu, že používaná lepidla vyžadují nejvýše 15-ti procentní vlhkost. Po sušení se řezivo předběžně frézuje a třídí. Kontroluje se vlhkost dřeva, řezivo se kapuje a ukládá do hrání.

Nastavování zubovitým spojem

Průřezy se na čelních koncích vzájemně spojují zubovitým spojem a vytvářejí tak tzv. „nekonečnou lamelu“.



Obr. 30 Zubovitý profil

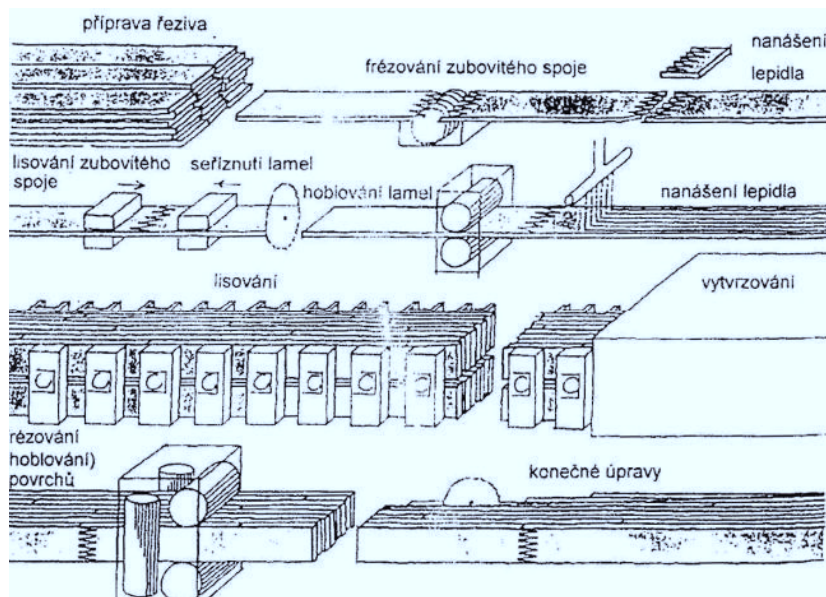
Zubovitý profil se vyfrézuje v čele přířezu a nanese se lepidlo. Potom se přířezy slisují po dobu nejméně dvou sekund, tím jsou třením mezi ozuby drženy pohromadě. Z výsledné nekonečné lamely se odřezávají lamely požadované délky a ukládají se do hrání. Doba meziskladování se musí zvolit tak, aby bylo zaručeno vytvrzení lepidla.

Lepení

Lamely se frézují a nanáší se lepidlo. Lamely se uloží svisle vedle sebe a zalisují se.

Konečná úprava

Nosníky se frézují z bočních stran pro odstranění zbytků lepidla a dosažení rovinných povrchů. Nakonec následuje konečná úprava nosníku (spojená s vrtáním otvorů pro spoje nebo aplikace ochranných látek na dřevo).



Obr. č. 31 [12]

Lepidla

Lepidla pro nosné dřevěné prvky se používají pro vzájemné spojování dvou nebo více částí dřeva, aby staticky působily jako celek. Úloha lepidla spočívá ve vyplnění spár mezi dřevěnými prvky a vytvoření adhezního spojení mezi jednotlivými prvky. Spojení je stejně pevné a trvanlivé jako kohezní síly uvnitř prvků. Samotná vrstva lepidla musí také vykazovat dostatečnou pevnost a trvanlivost, aby v uvažované třídě použití byla v průběhu předpokládané životnosti konstrukce trvale účinná.

Současné druhy lepidel pro nosné dřevěné konstrukční prvky

- **Rezorcínolformaldehydová a fenolrezorcínolformaldehydová pryskyřičná lepidla**
 - Používají se při výrobě lepeného lamelového dřeva, velkých zubovitých spojů, nosníků průřezu I a skříňového průřezu apod., a to jak pro konstrukční prvky na povětrnosti, tak i pro vnitřní použití.
- **Fenolformaldehydová (PF) pryskyřičná lepidla pro lepení za horka** - PF lepidla pro lepení za horka nemohou být klasifikovány podle EN 301.
- **Fenolformaldehydová (PF) pryskyřičná lepidla pro lepení za studena** - PF lepidla pro lepení za studena se klasifikují podle EN 301, avšak t.č. dostupná lepidla musí

být na základě zkušebního postupu podle EN 302, část 3 pro stanovení vlivu poškození dřevěných vláken kyselinou, pravděpodobně vyloučena.

- **Močovinoformaldehydová pryskyřičná lepidla**
- **Melaminmočovinoformaldehydová (MUF) pryskyřičná lepidla** - MUF lepidla pro lepení za studena mohou být klasifikována podle EN 301. Nejsou ovšem odolná jako rezorcínová lepidla. MUF lepidla se často přednostně používají z ekonomických důvodů a pro jejich světlou barvu.
- **Kaseinová lepidla** - jsou pravděpodobně nejstarším průmyslově vyráběným lepidlem a používala se při výrobě lepeného lamelového dřeva již před rokem 1920. Kaseinová lepidla nesplňují požadavky EN 301.
- **Epoxidová lepidla** - Epoxidová lepidla mohou být přizpůsobena účelu použití a některá z nich jsou vhodná pro lepení dřeva. Mají velmi dobrou schopnost pro vyplnění spáry. Pevnost a trvanlivost epoxidových lepidel jsou velmi dobré.
- **Dvousložková polyuretanová lepidla** - Tato lepidla vykazují vysokou pevnost a dobrou trvanlivost, ale dosavadní zkušenosti poukazují na to, že ne všechna jsou odolná proti vodě.

Impregnace a lazura



Obr. č. 32 [13]

- **impregnace** - impregnace v lázni dodá dřevu větší odolnost proti dřevokazným škůdcům a houbám. Barevný či bezbarvý impregnační roztok je používán od různých výrobců (Bochemit QB, Katrit, Aidol, apod.), jeho kvalita a vhodnost je závislá zejména na místě zabudování dřevěné konstrukce. Povrchová impregnace máčením se nehodí pro konstrukce vystavené trvalé vlhkosti, nebo styku s vodou. Pro tyto účely se užívá tlakové impregnace. Na zvláštní přání nebo u atypických

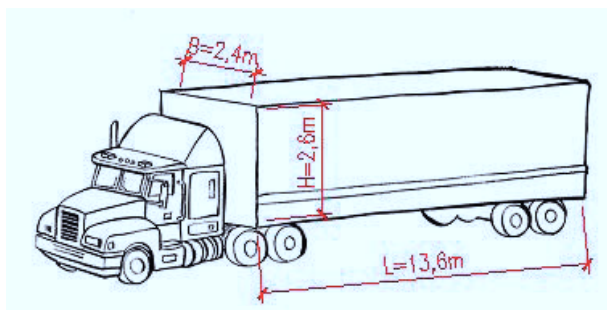
prvků se impregnace neprovádí. Při aplikaci protipožárního nátěru je nutné posoudit možnou reakci mezi impregnací a nátěrem.

- **lazura** - Lazury jsou zcela nebo částečně průhledné a zvýrazňují tak přirozenou strukturu dřeva. Umožňují, aby ze dřeva přirozeně unikala vlhkost, a tak se prodlužuje životnost výrobku. Zároveň je možné dřevo opatřit mnoha odstíny, které zpříjemňují interiér. Výrobci (Remmers, Sadolin, Adler, apod.). [13]

Doprava

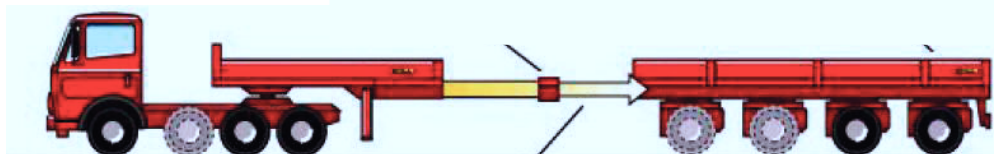
Nutnost zvážení přístupnosti po pozemních komunikacích na místo stavby. Během manipulace a při přepravě prvků je nutno zabránit deformacím konstrukcí a jejich poškozením vlivem vlastní tíhy. Na úložné ploše vozidla musí být prvky řádně zajištěny proti uvolnění.

- kamionem - maximální vnitřní prostor délky 13,6m, šířky 2,4m a výšky 2,6m
- zvláštní doprava - nad maximální délky, podléhá schválení, řeší se individuálně
- železniční - až 21m, do 50tun (dle konkrétních možností dopravce)



Obr. č. 33 [13]

Kamionová doprava



Obr. č. 34 [14] - pomocí návěsů

3. Průvodní a technická zpráva

3.1. Zadání

Podstatou diplomové práce je navržení tří variant nosného systému zastřešení jezdecké haly se stáji z materiálů na bázi dřeva, zpracování dispozičního řešení a návrh obvodového pláště. U vybrané varianty je nutné posoudit rozhodující nosné prvky.

3.2. Popis haly

Hala bude sloužit pro účely jezdeckého sportu. A to jak pro trénink koní, soutěže, tak i pro trvalé ustájení.

Z konstrukčního hlediska je hala rozdělena na dvě části. První část je tvořena jezdeckou arénou a druhá stáji pro trvalý pobyt koní. Obě části budou od sebe navzájem odděleny. Délka haly v podélném směru je 75 m.

První část má rozpětí 32,8 m. Jezdecký prostor je na půdorysné ploše 25 x 65 m, podél kolbiště jsou umístěny tribuny pro diváky, věž pro rozhodčí závodů a dále hygienické zařízení. Ve stájích o rozpětí nosné konstrukce 8,5 m, jsou kromě boxů pro koně, navrženy prostory pro umístění stájového vybavení a pro krátkodobé skladování krmení.

3.3. Kapacitní možnosti haly

V prostoru jezdecké arény jsou navrženy tribuny s kapacitou pro 320 lidí. Ochoz, který je podél celé vnější stěny haly, je navržen pro 130 lidí. Celkem jezdecká aréna poskytuje kapacitu pro 450 diváků. Stáje poskytují celkem 16 boxových míst určených pro trvalý pobyt koní.

3.4. Situování haly

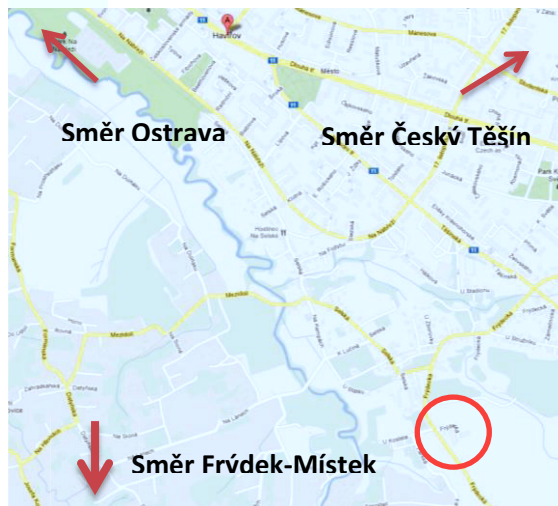
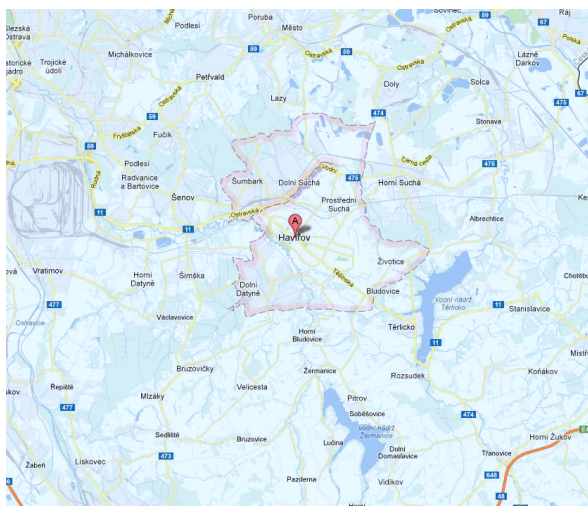
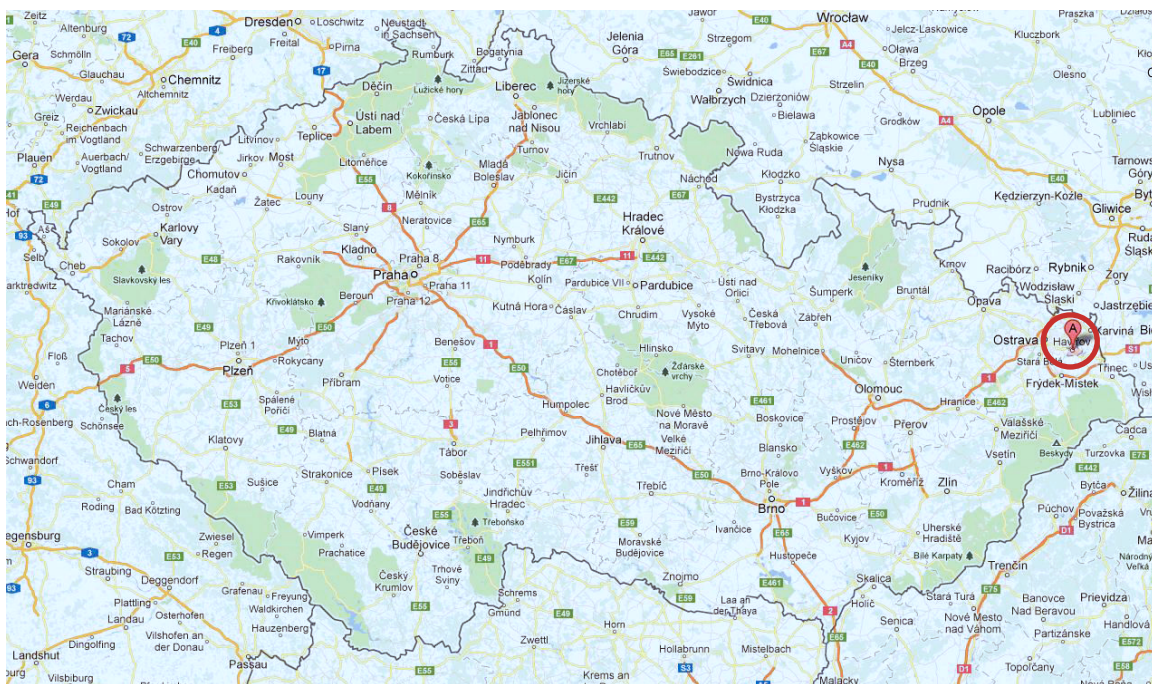
Pozemek, na kterém je jízdárna navržena, je součástí již stávajícího jezdeckého areálu. Jezdecký areál se nachází v Moravskoslezském kraji, ve městě Havířově.

Město Havířov leží na jižním okraji ostravsko-karvinské průmyslové oblasti, asi v poloviční vzdálenosti mezi Ostravou a pohraničním městem Český Těšín. Na severu hraničí s hornickými středisky Petřvaldem, Orlovou a Karvinou, na západě s obcemi Šenov a Václavovice.

Reliéf města je členitý. Je to mírně zvlněná pahorkatina s nadmořskou výškou v rozptěti 240-300 m n.m. se sníženinou podél řeky Lučiny a Sušanky.

Město má vcelku mírné klimatické podmínky. Průměrná roční teplota se pohybuje kolem 8°C a průměrné roční srážky kolem 800 mm. Převládají větry od jihozápadu a západu.

Mapa přibližující polohu Města Havířova



Samotný pozemek, na kterém je hala navržena, je rovný, nezastavěný a bez jakéhokoliv porostu. Hlavní vstup do kryté jízdárny a stájí je situovaný na západní stranu.

Letecký pohled na jezdecký areál a na pozemek nové kryté jízdárny.

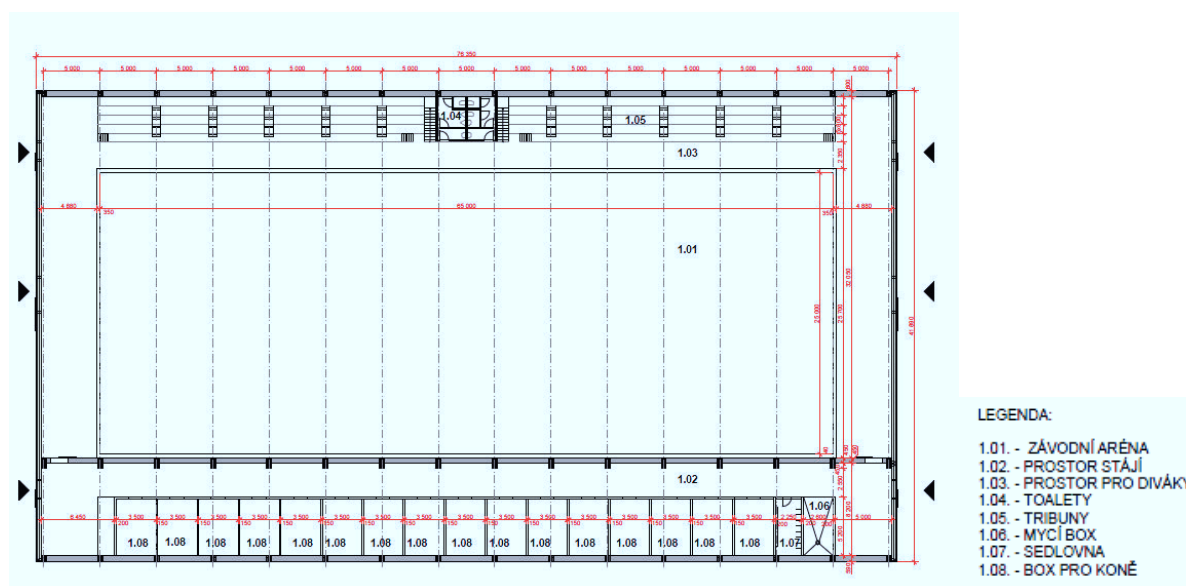


3.5. Dispoziční řešení

Řešený objekt se skládá ze dvou vzájemně oddělených částí. V první části, jak už bylo dříve zmíněno, se nachází jezdecká aréna, tribuny pro pohyb osob, věž pro rozhodčí. Ve druhé, podstatně menší části, jsou situovány stáje pro trvalý pobyt koní. Jezdecký prostor je svými rozměry vhodný pro trénink koní a pro pořádání oficiálních drezúrních závodů.

Objekt je navržen jako jednopodlažní. Pouze věž pro rozhodčí je navržena do výšky 2,5 m nad podlahou a v její spodní části je umístěno hygienické zařízení. Nad prostorem tribun je na nosných sloupech konzolovitě umístěn ochoz široký 1,8 m ve výšce 4,5 m od podlahy.

Hala má celkem 6 vstupů. Hlavní vstup pro jezdce a koně je navržen z východní strany objektu. Další dva vchody na východní straně slouží pro vstup diváků a pro vstup do stájí. Stejně umístění vstupů je i na západní straně haly. Navazuje na mobilní venkovní boxy, které budou sloužit po dobu pořádání závodů, a dále navazuje na venkovní jízdárnu.



Půdorys jezdecké haly.

3.6. Varianty konstrukčního řešení zastřešení jízdárny

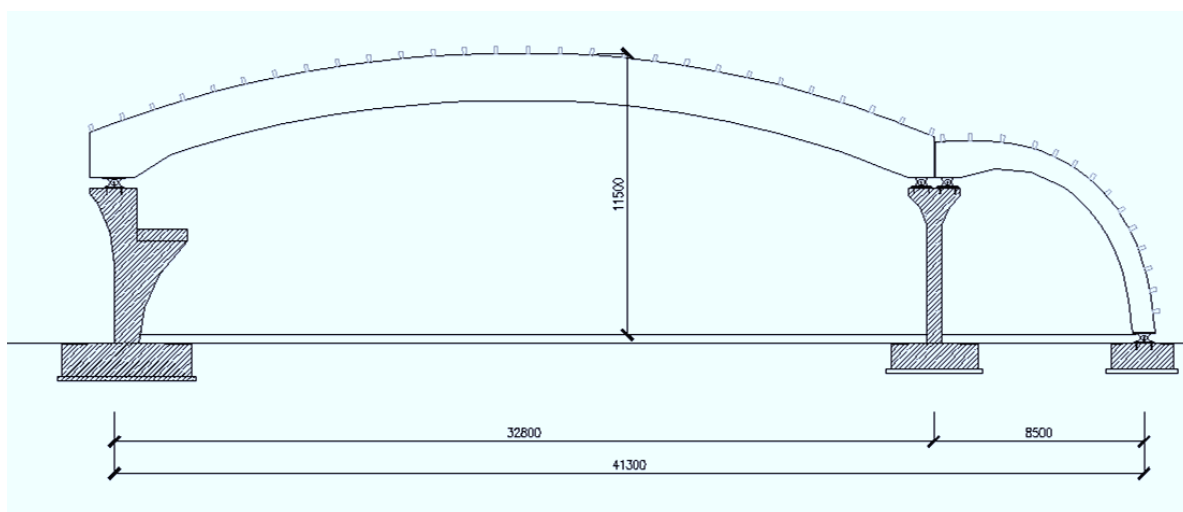
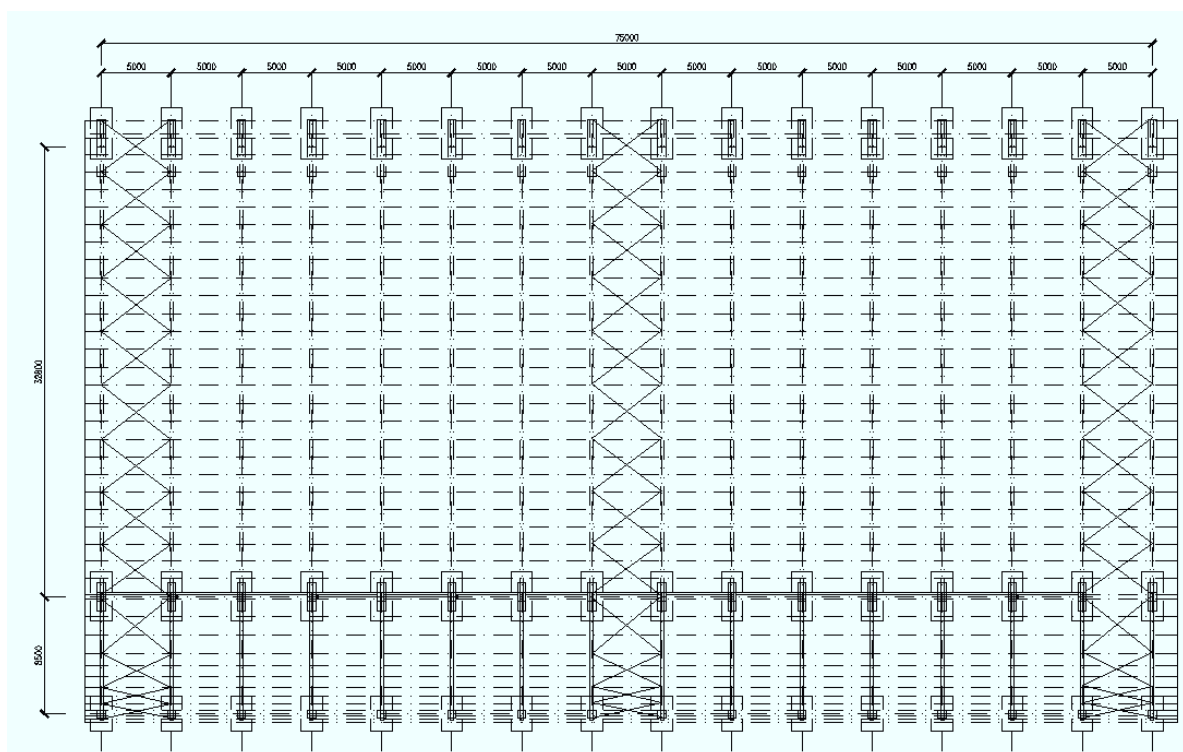
V rámci diplomové práce byly, dle požadavků zadání, navrženy tři možnosti nosné konstrukce zastřešení jezdecké haly. Následně byla jedna z variant vybrána a dále podrobněji zpracována.

Dispoziční řešení u všech variant odpovídá bodu 3.4. v této zprávě.

3.6.1. Variantní řešení č. 1

Nosná konstrukce v této variantě se stává z plnostěnných vazníků z lepeného lamelového dřeva. Konstrukce se skládá ze dvou částí, které jsou vzájemně odděleny a působí staticky samostatně. Vazníky o rozpětí 32,8 a 8,5 metrů a jsou rozmístěny v osových vzdálenostech po pěti metrech. Vazníky jsou zatěžovány prostřednictvím vaznic, které přenášejí stálé zatížení ze střešního pláště a nahodilá klimatická zatížení z větru a sněhu. Vaznice jsou osově rozmístěny po 1,3 metrech a jsou navrženy z rostlého dřeva.

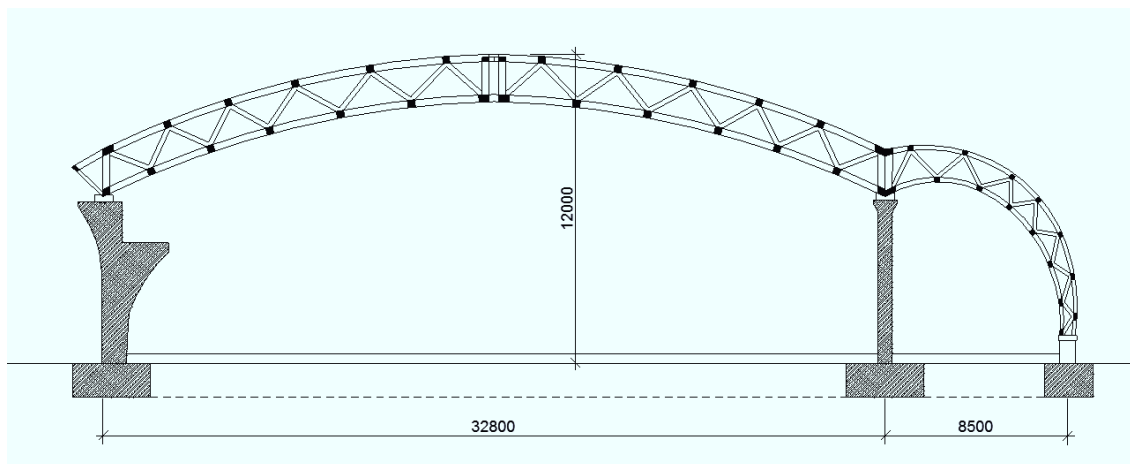
Půdorysnou plochu zastřešuje celkem 16 příčných vazeb. Vazníky jsou kloubově uloženy na železobetonových sloupech, které jsou pevně vetknuty do patek.

Příčný řez varianty č. 1**Půdorys nosné konstrukce varianty č. 1****3.6.2. Variantní řešení č. 2**

Druhou variantou je rovněž oblouková konstrukce zastřešení. Zastřešení je řešeno pomocí vazníků z obloukové dřevěné příhradoviny. Stejně jako v předchozí variantě, je konstrukce tvořena šesnácti příčnými vazbami, které jsou v osových vzdálenostech po pěti

metrech. Zatížení je opět přenášeno prostřednictvím vaznic. Jednotlivé tyčové prvky, které tvoří hlavní vaznk, jsou spojovány styčnickovými deskami s prolisovanými trny.

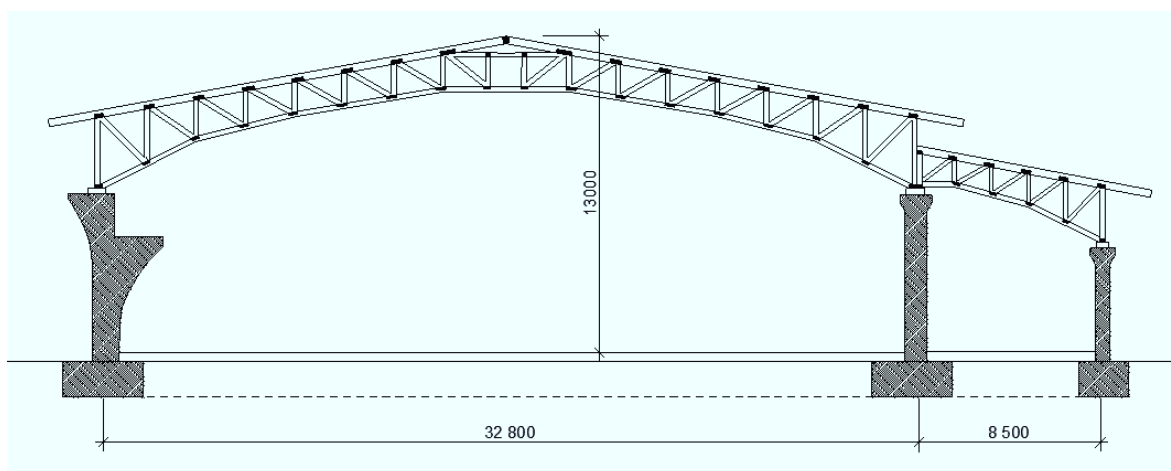
Příčný řez varianty č. 2



3.6.3. Variantní řešení č. 3

Třetí variantou řešení zastřešení je stejně, jako ve variantě č. 2 příhradová konstrukce. Jednotlivé tyčové prvky jsou i v této variantě spojovány pomocí styčnickových desek s prolisovanými trny. Nosná konstrukce zastřešení je navržena na stejná rozpětí jako předchozí dvě varianty.

Příčný řez varianty č. 3



3.6.4. Vyhodnocení variant

Po zvážení všech variant, byla vybrána varianta č. 1, která se dále podrobněji rozpracovala.

Varianta byla zvolena pro svůj estetický vzhled a architektonickou jednoduchost. Další výhodou je jednodušší provádění spojů, než u ostatních variant, snadnější údržba konstrukce a v neposlední řadě větší odolnost proti účinkům požáru.

3.7. Popis zvolené konstrukce – Varianta č. 1

Vybraná varianta č. 1, tedy konstrukce zastřešení z plnostěnných lepených lamelových vazníků, uložených na železobetonových sloupech, byla dále podrobně zpracována.

3.7.1. Geometrie konstrukce

Nosná konstrukce zastřešení jezdecké haly v Havířově je navržena z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h. Hala je z konstrukčního hlediska rozdělena na dva samostatně oddílatované úseky.

Střešní konstrukce nad jedním úsekem se stává z obloukových vazníků o rozpětí 32,8 m a vzepětí 3,4 m. Vazník je na obou stranách pevně kloubově uložen na železobetonových vetknutých sloupech.

Střešní konstrukce nad druhým úsekem je tvořena taktéž obloukovými vazníky o menším rozpětí 8,5 m. Vazník je na jednom konci pevně kloubově uložen na železobetonovém sloupu a na druhém konci je kotven do železobetonové patky, jako kloubová neposuvná podpora.

Osová vzdálenost vazníků je 5 m.

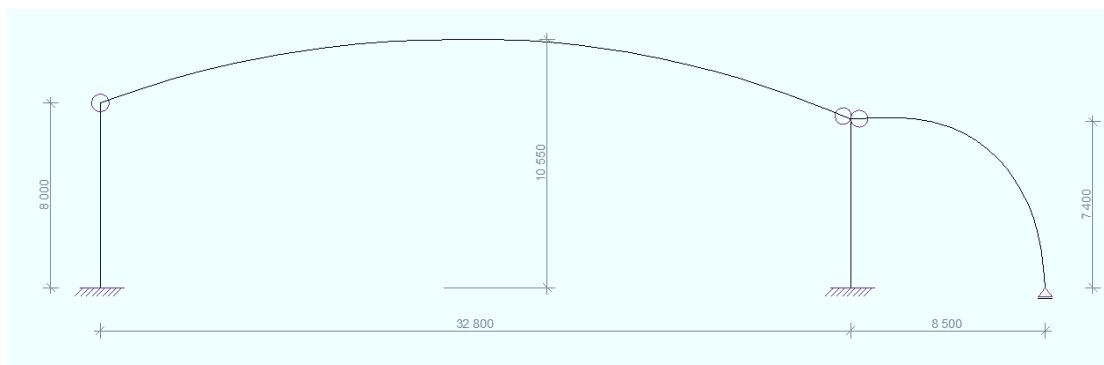
Kloubové spojení vazníku je zajištěno pomocí čepového ložiska.

Zatížení je do vazníků přenášeno pomocí vaznic z rostlého dřeva, třídy C24.

Prostorová tuhost je zajištěna pomocí ocelových ztužidel. Ztužidla jsou umístěna v podélném směru.

Železobetonové sloupy jsou pevně vetknuty do železobetonových patek. Vnější sloupy zatěžují patky excentricky a vnitřní sloupy centricky.

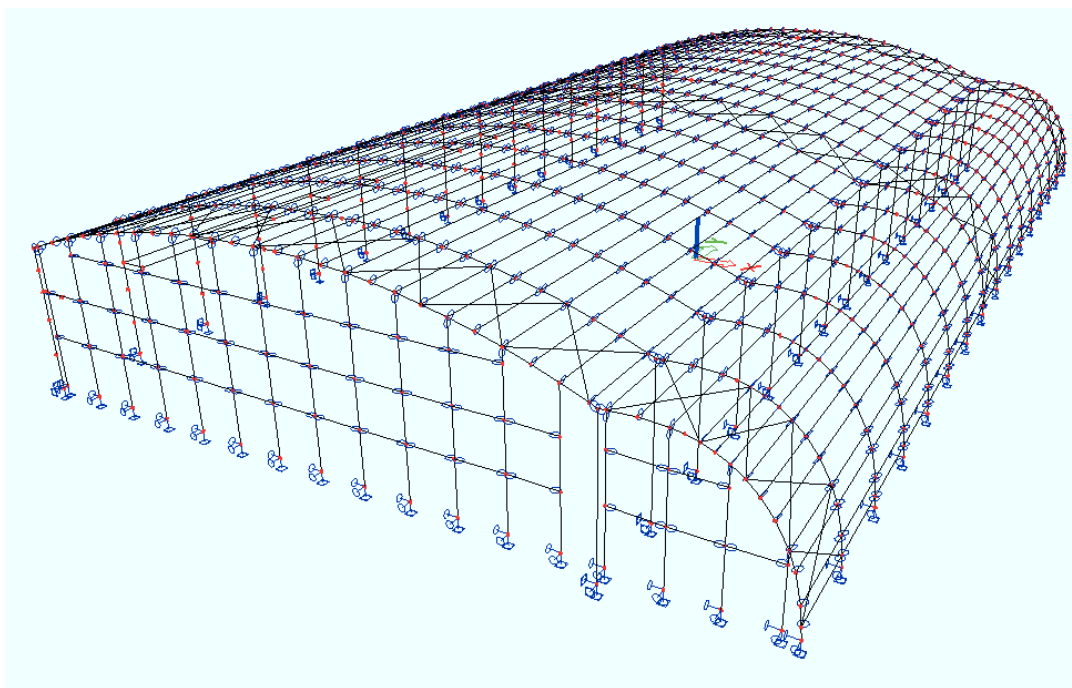
Geometrické rovinné statické schéma konstrukce



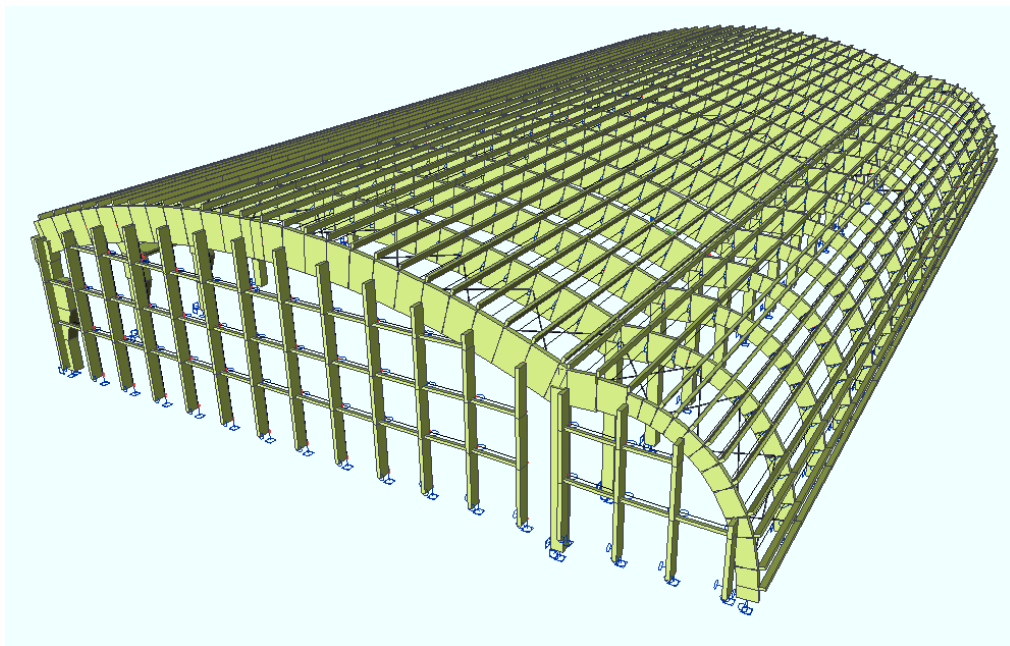
3.7.2. Výpočtový model

Prostorový model konstrukce byl vymodelován ve výpočtním programu Scia Engineer 2009.

Prostorový statický prutový model řešení konstrukce



Prostorový model s přiznanými rozměry jednotlivých profilů



3.7.3. Zatížení

Ve výpočtu je počítáno se zatížením stálým vlastní tíhou nosné konstrukce, ostatní stálá zatížení tvoří střešní a obvodový plášť. Jako proměnná zatížení jsou uvažována zatížení sněhem a větrem.

Podrobný popis zatížení je uveden v příloze statický výpočet.

3.7.4. Střešní plášť

Střešní plášť je tvořen hliníkovým střešním systémem Kalzip. Skladbu střešního pláště tvoří dřevěné bednění, které je uloženo na vaznicích. Na bednění je umístěna parozábrana, kterou tvoří asfaltové modifikované pásy. Další vrstvou je tepelná izolace, kterou zajišťuje minerální izolace Knauf. Skladbu zakončuje hliníkový plech Kalzip. Jako povrchovou úpravu střešní krytiny jsem vybrala přirozený hliník.

Hliníkový plech Kalzip je vyráběn z vysoce kvalitní slitiny, s odolnou povrchovou vrstvou. Výhodou systému Kalzip je možnost přenášet pohyby střechy jako celku v důsledku její tepelné dilatace. Tohoto efektu je dosaženo tím, že je předem zvolena pouze jediná linie pevných bodů na celé střeše. Na zbytku střechy jsou pásy profilu Kalzip

ukládány kluzně do klips. Profily Kalzip jsou většinou vyráběny v jednom kusu po celé délce.

Systém Kalzip je zařazen do kategorie A a je vhodný pro požárně nebezpečné prostory.

3.7.5. Vaznice

Zatížení do vazníků přenášejí vaznice, o rozměrech profilu $140 \times 280 \text{ mm}$ a délce 5 m, z rostlého dřeva třídy C24. Osová vzdálenost vaznic je 1,3 m nad částí jezdecké arény a 0,9 m nad stáje. Vaznice jsou uloženy na vaznicích jako prostý nosník, kloubově připojený. Připojení vaznice k vazníku je řešeno pomocí ocelových úhelníků od firmy BeA hřebíky a vruty.

3.7.6. Vazník

Vazníky zastřešující jezdeckou arénu jsou navrženy z plnostěnného lepeného lamelového dřevěného profilu, který je konstantního průřezu po celé délce. Profil vazníku je $240 \times 1900 \text{ mm}$, na rozpětí 32,8 m a vzepětí 3,4 m. Vazníky jsou na obou stranách pevně kloubově uloženy na železobetonových vetknutých sloupech. Vazníky tvoří celkem šestnáct příčných vazeb a jejich osová vzdálenost je 5 metrů. Kloubové spojení vazníků s betonovými sloupy je zajištěno pomocí ocelového ložiska s čepovým spojem.

Z důvodu nepříznivého působení tahu kolmo k vláknům, bylo nutné vazníky vyztužit sedmnácti ocelovými vlepovanými tyčemi o průměru 16 mm. Jako alternativní řešení by mohlo být zvýšení průřezu na 2200 mm. Toto řešení by bylo z ekonomického hlediska podstatně nákladnější.

Vazníky zastřešující stáje jsou rovněž navrženy z plnostěnných lepených lamelových dřevěných profilů, ale s proměnnou výškou. Profil vazníku v místě uložení na sloupech je $200 \times 1600 \text{ mm}$ a ve vrcholu a druhé podpoře má rozměry $200 \times 900 \text{ mm}$. Rozpětí vazníků je 8,5 m. Stejně jak u vazníků nad jezdeckou arénou tvoří šestnáct příčných vazeb v osových vzdálenostech po pěti metrech. Kloubové spojení je taktéž zajištěno ocelovým ložiskem s čepovým spojem.

3.7.7. Ztužidla

Prostorová stabilita konstrukce je zajištěna pomocí ztužidel. Tuhost zajišťují tři příčná střešní ztužidla, jejichž osová vzdálenost je 30 metrů. V podélném směru je stabilita konstrukce zajištěna vaznicemi a rozpěrami.

Příčné ztužidlo je tvořeno systémem konstrukčních táhel od firmy Macalloy, s profilem o průměru 24 mm.

Rozpěry jsou z rostlého dřeva o průřezu 150 x 150 mm a délce pět metrů. Jsou rozmístěny v osových vzdálenostech 3,9 m.

3.7.8. Sloupy

Sloupy jsou navrženy ze železobetonu a jsou pevně vetknuty do železobetonových patek. Osová vzdálenost sloupů v podélném směru je 5 metrů.

Sloupy jsou proměnného průřezu. Průřez vnějších sloupů v patě sloupu je 750 x 1000 mm. Vnitřní sloupy mají průřez 600 x 600 mm a jsou zakončeny rozšířenou hlavicí, z důvodu potřeby větší plochy pro uložení ložisek vazníků.

Na vnějších sloupech je betonová konzola, na které je uložen betonový ochoz, ve výšce pěti metrů, pro pohyb diváků.

3.8. Obvodový plášť

Obvodový plášť je tvořen strukturálním zasklením. V podélném směru bude nosná konstrukce skleněné fasády připevněna k železobetonovým sloupům. V příčném směru, na štítové stěně, bude fasáda připevněna do dřevěných sloupků a paždíků. Dřevěné sloupky jsou navrženy v profilu 200 x 600 mm z lepeného lamelového dřeva. Délka sloupků je proměnná v závislosti na výšce oblouku v konkrétním bodě uložení. Sloupky jsou založeny na základových pásech a na druhém konci jsou kloubově připojeny k vazníku. Paždíky o rozměrech profilu 150 x 150 mm a délce 2,5 metrů jsou rovněž z lepeného lamelového dřeva. Paždíky jsou kloubově připojeny ke sloupkům a do sloupků přenášejí stálé zatížení z fasády a proměnné zatížení z klimatického zatížení větrem. Stabilitu nosné konstrukce

obvodového pláště zajišťují ocelová tyčová ztužidla od firmy Macalloy. Ztužidla jsou kruhového průřezu o průměru 10 mm.

Ochrana konstrukce proti většímu množství slunečních paprsků je vyřešena pomocí stíněných skel ve fasádě. Stíněné skla budou tvořit celou podélnou stěnu haly. Na štítově stěně budou stíněné skla kombinovány s okny s čirým prosklením.

3.9. Výroba konstrukce a materiálu

Výroba jednotlivých dílů nosné konstrukce zastřešení proběhne ve výrobních továrnách, dle vybraných výrobců pro realizaci. Svislá nosná konstrukce z železobetonu, bude řešena monolitickým procesem.

3.9.1. Výrobní požadavky LLD

Pro výrobu lepeného lamelového dřeva pro nosné účely jsou stanoveny minimální požadavky, zejména v ohledu výrobních podmínek (přístrojů, klimatických podmínek a výrobních prostorech), opracování dřeva, rozměrů dřeva, druhů dřeva, lepidel, jakož i vlastní výroby (polohy lamel, mezních tolerancí, lisování).

3.9.2. Požadavky na užitné vlastnosti LLD

Požadavky, pro LLD GL24h, předepsané v prEN 386 „Lepené lamelové dřevo – požadavky na užitné vlastnosti a minimální výrobní požadavky“ slouží k dosažení výroby spolehlivých a trvanlivých lepených spojů, tak aby jakost lepení byla zachována po uvažované dobu životnosti stavebního objektu.

Požadavky:

Norma ČSN EN 386 předepisuje dále uvedené požadavky na komponenty lepeného lamelového dřeva.

- Dřevo musí být tříděno podle pevnosti v souladu s ČSN EN 518 „Konstrukční dřevo – Třídění – Požadavky na normy pro vizuální třídění podle pevnosti“ nebo s ČSN EN 519 „Konstrukční dřevo – Třídění – Požadavky na dřevo strojně tříděné podle pevnosti a na třídící stroje“.

- Lepidla musí splňovat požadavky pro typ lepidla I nebo II, uvedené v normě ČSN EN 301 „Fenolická a aminová lepidla pro nosné díly dřevěných konstrukcí – Klasifikace a technické požadavky“
- Požadavky na jakost lepených spojů musí být založeny na zkouškách lepených spojů na zkušebním tělese plného průřezu, které se odřeže z konstrukčního prvku z lepeného lamelového dřeva. Podle třídy použití konstrukce se provádí zkouška delaminace (podle ČSN EN 391 „Lepené lamelové dřevo – Zkouška delaminace lepených spojů“) nebo bloková smyková zkouška (podle ČSN EN 392 : Lepené lamelové dřevo – Smyková zkouška lepených spojů“)

3.9.3. Požadavky na výrobu betonové směsi

Při výstavbě bude dbáno, aby byly splněny základní požadavky na složení, vlastnosti a výrobu betonu dle normy ČSN EN 206 – 1 – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. V projektu byl použit beton třídy C30/37.

3.9.4. Výztuž

Pro vyztužování železobetonových konstrukcí, jsem použila betonářskou žebříkovou výztuž B500B. Způsob výroby výztuže určí výrobce.

3.10. Montáž konstrukce

Díly budou předem vyrobeny a následně dovezeny na stavbu, kde budou následně smontovány. Všechny vazníky, včetně vazníků zastřešující jezdeckou arénu, i přes své velké rozpětí 32,8 metrů, budou na stavbu dovezeny v jednom kuse.

Pro vykládání vazníků z přepravního zařízení, se zpravidla používá zdvihací konstrukce, která je k dispozici na staveništi. Pro zdvihání vazníků o větších rozpětí je nezbytné použít závěsného vahadla (rozpěrné traverzy), aby se do prvku, při manipulaci, nevnášelo nežádoucí

napětí. Vázací lana se připevňují na speciální zdvihací popruhy. Účelem popruhů je zabránit prokluzování vazníků.

V první fázi se připraví základy svislé nosné konstrukce, které jsou tvořeny železobetonovými patkami. Následně se vybetonují železobetonové sloupy. V další fázi dojde k vyzvednutí dřevěných vazníků pomocí jeřábů. V průběhu montáže je nutno konstrukci zabezpečovat dočasným ztužením.

První vazník v závislosti na jeho umístění musí být podporován dočasnou podpůrnou konstrukcí. Následně dojde ke smontování celého ztužujícího pole. Ztužující pole sestává ze dvou vazníků, zavětrování a požadovaného ztužení v podélném směru. Montáž konstrukce pak pokračuje až ke druhému ztužujícímu poli. Důležité je dbát na řádné vyrovnání vazníků.

Na smontované konstrukci musí být co nejdříve proveden střešní a obvodový plášť za účelem ochrany proti účinkům povětrnosti.

3.11. Ochrana konstrukce

Dřevěné prvky v konstrukci budou opatřeny povrchovou úpravou chránící dřevo proti biologickým škůdcům. Ocelové spoje a další kovové konstrukční prvky budou opatřeny antikorozní úpravou povrchu pozinkováním.

3.12. Závěr

Výpočtový model byl proveden ve výpočtovém programu Scia Engineer 2009. Většina posudků a posouzení dřevěných konstrukcí a spojů byla provedena ručně. Výpočet některých posudků byl proveden s pomocí tabulkových programů MS Excel 2010. Na posouzení železobetonových konstrukcí bylo využito výpočetních programů EC 3D a Geo 5, .

4. Seznamy

4.1 Seznam použitých pramenů

4.1.1. Literatura

Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 – Step 1

Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 – Step 2

Příručka 2 – Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5

Konstrukční systémy halových staveb (Petr Hájek)

Neufert

ČSN EN 1990: Eurokód 1: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1:

Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1:

Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1:

Obecná zatížení – Zatížení větrem

ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Navrhování styčníků

ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

4.1.2. Internet

- [1] <http://www.asb-portal.cz>
- [2] <http://www.cecolegno.com/cz/reference>
- [3] <http://www.freefoto.com>
- [4] <http://www.TravelGuide.cz>
- [5] <http://www.antique-prints.de>
- [6] <http://martinpolley.co.uk>
- [7] <http://www.all-art.org/history408-2.html>
- [8] <http://www.greatbuildings.com>
- [9] http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Bridge_of_Franz_Joseph_I.,_Prague.jpg
- [10] <http://www.turistik.cz>
- [11] <http://www.cosmicinspirocloud.com>
- [12] <http://www.stavskola.cz:8091/granty>
- [13] <http://www.taros-nova.cz>
- [14] <http://www.logistickymonitor.sk>

4.2. Seznam obrázků

- Obr. 1 – 4 Nosná konstrukce stavby bazénu v Brně [1]
- Obr. 5 Půdorys bazénové haly v Brně [1]
- Obr. 6 Příčný řez bazénové haly v Brně [1]
- Obr. 7 Podélný řez bazénové haly v Brně [1]
- Obr. 8 – 9 Exteriér stavby bazénu v Brně [1]
- Obr. 10 - 13 Nosná konstrukce zastřešení haly v Krnově [2]
- Obr. 14 - 17 Nosná konstrukce zastřešení tenisové haly [2]
- Obr. 17 - 21 Nosná konstrukce zastřešení jízdárny Radimovice [2]

- Obr. 22 Nádražní hala Kings Cross, Londýn [3]
- Obr. 23 Haly hlavního nádraží v Praze [4]
- Obr. 24 Haly hlavního nádraží v Praze [5] [6]
- Obr. 25 Machine Hall, Paris, Francie, Contamin, Duefert 1889 [7] [8]
- Obr. 26 Most Císaře Františka Josefa 1. 1865-68 [9]
- Obr. 27 Visutý řetězový most přes Vltavu v Podolsku (90m) [10]
- Obr. 28 Botanická zahrada Schonbrunn, Wien, Österreich [11]
- Obr. 29 Wastfenhalle v Dostmundu [12]
- Obr. 30 Zubovitý profil
- Obr. 31 Výroba lepeného lamelového dřeva
- Obr. 31-33 Možnosti dopravy

4.3. Seznam použitých program

Scia Engineer 2009

Geo 5

EC 3D

FINE EC

ArchiCad 14 (studentská verze)

AutoCad 2010

Artlantis 3

Adobe Photoshop CS5

Microsoft Office 2010

4.4. Seznam příloh

Příloha č. 1 – Statický výpočet

Příloha č. 2 – Technické listy

4.5. Seznam výkresů

01 Základy

02 Půdorys

03 Příčný řez

04 Pohledy 1

05 Pohledy 2

06 Výkres konstrukčních prvků

07 Výkres výztuže

08 Detaily

09 Vizualizace



VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA



FAKULTA STAVEBNÍ
KONSTRUKCE STAVEB

PŘÍLOHA Č. 1

STATICKÝ VÝPOČET

JÍZDÁRNA Z MATERIÁLŮ NA BÁZI DŘEVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE

Jana Sandriová

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. Lokaj Antonín, Ph.D.

Obsah

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O KONSTRUKCI	6
1.1. Prostorový výpočetní model.....	7
2. ZATÍŽENÍ.....	8
2.1. Zatížení nad částí jezdecké arény	8
2.1.1. Schéma.....	8
2.1.2. Stálé zatížení.....	8
2.1.3. Proměnná zatížení.....	9
2.2. Zatížení na střechu nad stáji.....	17
2.2.1. Schéma.....	17
2.2.2. Stálé zatížení.....	17
2.2.3. Proměnné zatížení.....	18
3. KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ	25
3.1. Výpis zatěžovacích stavů.....	25
3.2. Kombinace.....	25
3.2.1. Mezní stav únosnosti	26
3.2.2. Mezní stav použitelnosti	27
3.3. Výpočet zatížení	28
4. VNITŘNÍ SÍLY NA KONSTRUKCI.....	28
4.1. Mezní stav únosnosti	28
4.2. Mezní stav použitelnosti	28
4.3. Průběh vnitřních sil.....	29
4.3.1. Normálové síly – N.....	29
4.3.2. Posouvající síly – V_y	29
4.3.3. Posouvající síly – V_z	30
4.3.4. Ohybový moment – M_x	30

4.3.5.	Ohybový moment – M_y	31
4.3.6.	Ohybový moment – M_z	32
4.3.7.	Deformace na prutu - u_z	32
4.3.8.	Deformace konstrukce	32
5.	POSOUZENÍ VYBRANÝCH NOSNÝCH PRVKŮ.....	33
5.2.	Střešní vaznice	34
5.2.1.	Geometrické schéma.....	34
5.2.2.	Vnitřní síly	34
5.2.3.	Průřezové + materiálové charakteristiky vaznice	34
5.2.4.	Posouzení vaznice.....	35
5.3.	Posouzení vazníků	39
5.3.1.	Vazník zastřešující jezdeckou arénu.....	40
5.3.2.	Posouzení vazníku nad stájemí	54
6.	KOTEVNÍ SPOJE.....	64
6.1.	Posouzení přípoje vazníku na ŽB patku – ložisko v podpoře vazníku	64
6.1.1.	Čepový spoj	64
6.2.	Namáhání betonu pod ložiskem.....	71
6.2.1.	Vnitřní síly	71
6.2.2.	Návrh patního plechu.....	72
6.2.3.	Posouzení betonu pod ložiskem.....	73
6.3.	Posouzení svaru – připojení svislých patních plechů čepového spoje k patní desce.....	74
6.3.1.	Schéma.....	74
6.3.2.	Vnitřní síly	74
6.3.3.	Posouzení svaru	75
6.4.	Posouzení přípoje dřevěného vazníku k ložisku.....	75
6.4.1.	Schéma.....	75
6.4.2.	Vnitřní síly	75
6.4.3.	Návrh	76

6.4.4	Posouzení plechu	76
6.4.5	Posouzení smykového napětí.....	76
6.4.6	Návrh ocelových kolíků.....	77
6.4.7	Posouzení.....	79
6.5	Alternativa přípoje dřevěného vazníku k ložisku	81
6.5.1	Schéma.....	81
6.5.2	Vnitřní síly	82
6.5.3	Posouzení.....	83
6.6	Připojení vaznice k vazníku.....	84
6.6.1	Schéma.....	84
6.6.2	Vnitřní síly	84
6.6.3	Návrh	85
6.6.4	Posouzení na střih – C24	85
6.6.5	Posouzení na střih – GL24h.....	88
7	NÁVRH NOSNÉ KONSTRUKCE FASÁDY ŠTÍTOVÉ STĚNY	90
7.1	Výpočet zatížení	90
7.1.1	Zatížení stálé.....	90
7.1.2	Nahodilé zatížení	91
7.2	Sloupky.....	93
7.2.1	Schéma sloupků.....	93
7.2.2	Průřezové + materiálové charakteristiky	94
7.2.3	Vnitřní síly	96
7.2.4	Posouzení mezního stavu únosnosti	97
7.2.5	Posouzení mezního stavu použitelnosti	100
7.3	Paždíky	100
7.3.1	Schéma.....	100
7.3.2	Zatížení	101
7.3.3	Průřezové + materiálové charakteristiky	101

7.3.4.	Vnitřní síly	102
7.3.5.	Posouzení na kombinaci tahu a ohybu.....	103
7.3.6.	Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu.....	104
7.3.7.	Ověření příčné a torzní stability	105
8.	ZTUŽIDLA	106
8.1.	Střešní ocelová ztužidla	106
8.1.1.	Vnitřní síly	106
8.1.2.	Návrh ztužidel.....	106
8.1.3.	Posouzení ztužidel	108
8.2.	Posouzení rozpěry.....	111
9.	POSOUZENÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI DŘEVĚNÝCH VAZNÍKŮ.....	114
9.1.	Vazník nad jezdeckou arénou.....	114
9.2.	Vazník nad stáji	116
10.	SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE.....	118
10.1.	Posouzení krátké konzoly	118
10.1.1.	Metoda náhradní příhradoviny	119
10.2.	Sloupy	122
10.2.1.	Vnější sloup	122
10.2.2.	Vnitřní sloup	125
11.	ZÁKLADY	127
11.1.	Excentricky zatížená patka	127
11.2.	Centricky zatížená patka.....	135

1. Základní informace o konstrukci

Předmětem diplomové práce je řešení nosné konstrukce jezdecké haly se stáji v Havířově. Nosná konstrukce zastřešení je navržena z materiálů na bázi dřeva, svislá nosná konstrukce je z železobetonu. Hala je navržena na obdélníkovém půdorysu o rozměru 42 x 75m.

Základní nosná konstrukce zastřešení je tvořena obloukovými vazníky z lepeného lamelového dřeva, rozmístěnými v osových vzdálenostech po 5m. Zatížení je do vazníků přenášeno prostřednictvím vaznic, které jsou kloubově uloženy na vaznících. Příčná ztužidla zajišťují tuhost konstrukce.

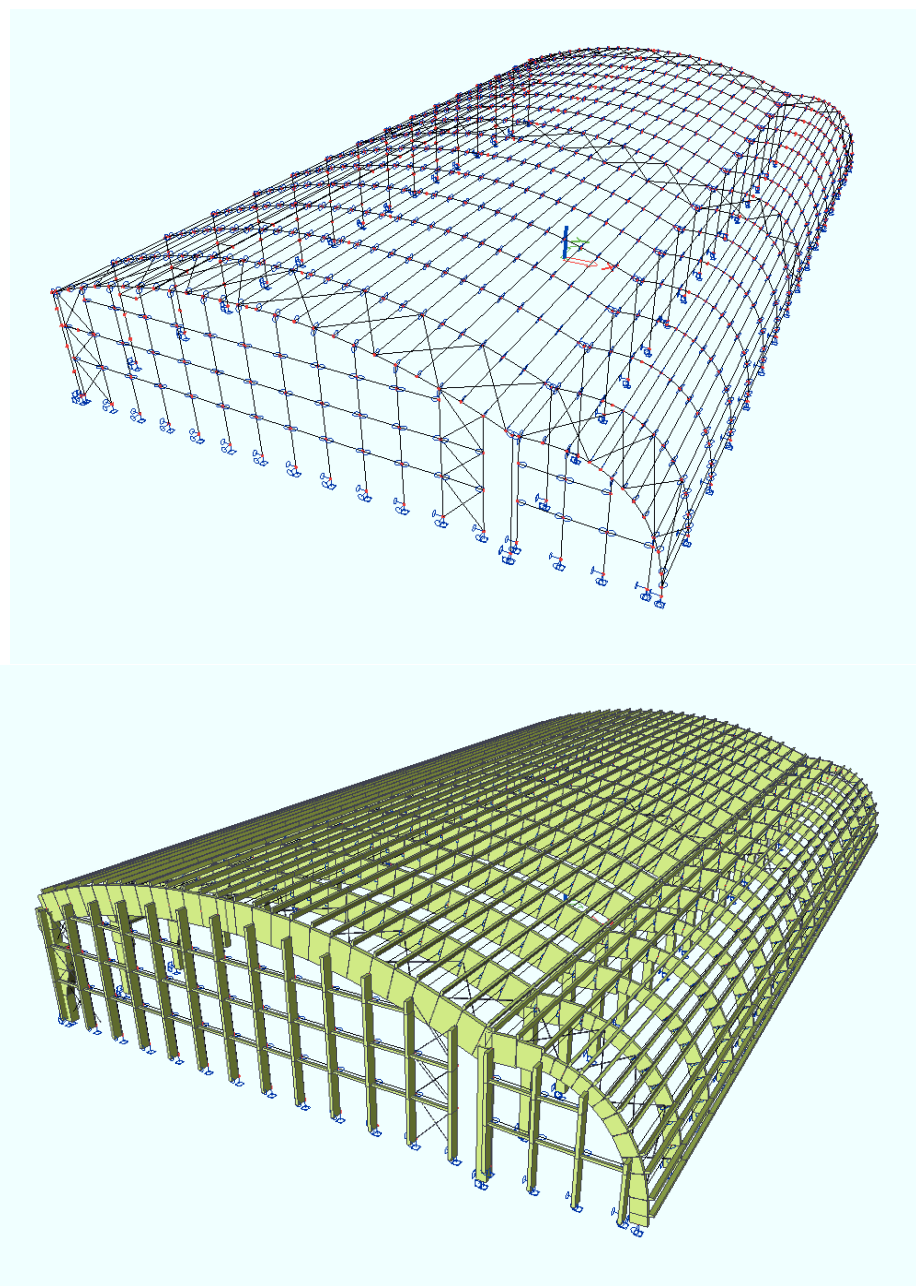
Svislá nosná konstrukce je tvořena železobetonovými sloupy s patkami. Sloupy mají obdélníkový průřez a jsou rozmístěny v osových vzdálenostech po 5m v podélném směru.

Statický výpočet byl vypracován v souladu s těmito standardy:

- ČSN EN 1990: Eurokód 1: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1:
Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1:
Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1:
Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

- ČSN EN 1993-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Navrhování styčníků
- ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

1.1. Prostorový výpočetní model

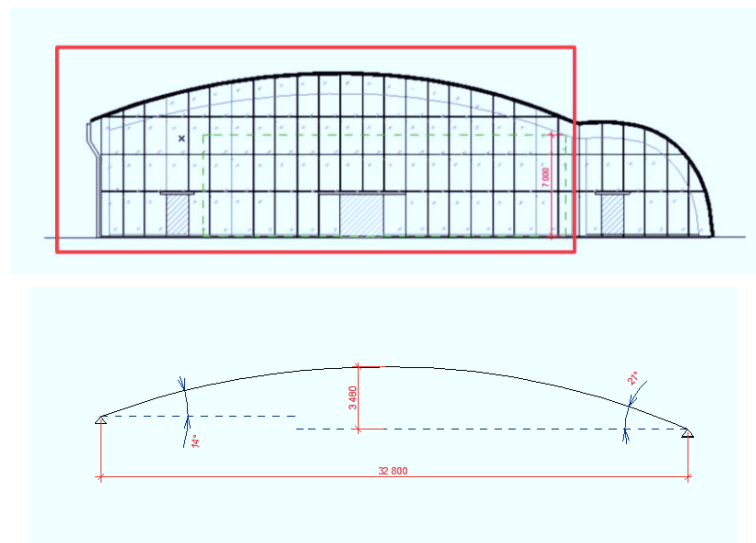


2. Zatížení

Hala je z konstrukčního hlediska rozdělena na dvě části. Výpočet zatížení byl proveden pro každou část zvlášť.

2.1. Zatížení nad částí jezdecké arény

2.1.1. Schéma



2.1.2. Stálé zatížení

2.1.2.1. ZS 1 – Vlastní tíha konstrukce

(vygenerováno z programu Scia Engineer)

2.1.2.2. ZS 2 – Ostatní stálé

A/ Střešní plášť

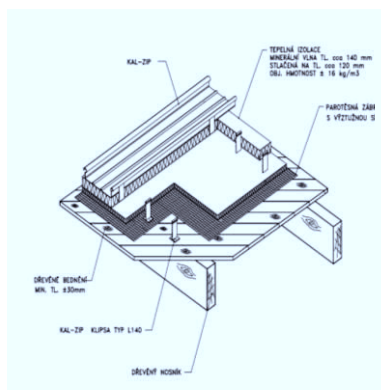
- Hliníkový plech KALZIP objm. hm. 5 kg/m²

$$'g_k = 0,05 \text{ kN/m}^2$$

- Tepelná izolace – minerální izolace Knauf tl. 160mm o.h. 16 kg/m³

$$'g_k = 0,16 \cdot 1,6 = 0,256 \text{ kN/m}^2$$

- Parozábrana – asfaltové modifikované pásy



$$g_k = 0,019 \text{ kN/m}^2$$

- Dřevěné bednění tl. 30mm 500 kg/m^3

$$g_k = 0,03 \cdot 5,0 = 0,150 \text{ kN/m}^2$$

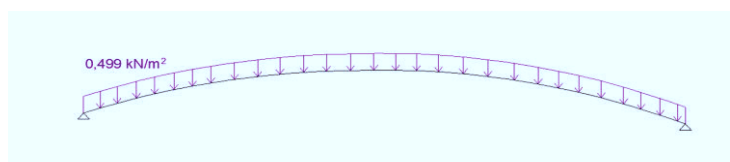
Celkem $g_{k1} = 0,05 + 0,256 + 0,019 + 0,15 = 0,475 \text{ kN/m}^2$

B/ Spojovací prostředky, osvětlení, klimatizace

= \rightarrow 5% z celkového zatížení A/

$$g_{k2} = 0,05 \cdot 0,475 = 0,024 \text{ kN/m}^2$$

$$\sum g_k = g_{k1} + g_{k2} = 0,475 + 0,024 = 0,499 \approx 0,5 \text{ kN/m}^2$$

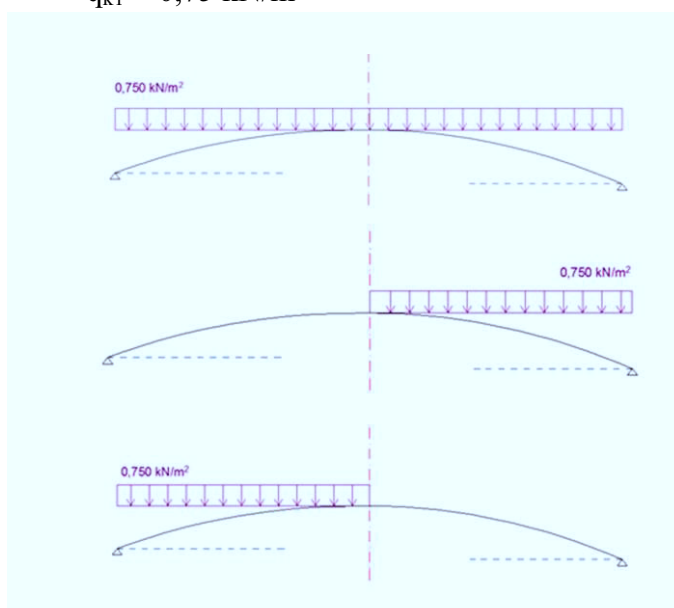


2.1.3. Proměnná zatížení

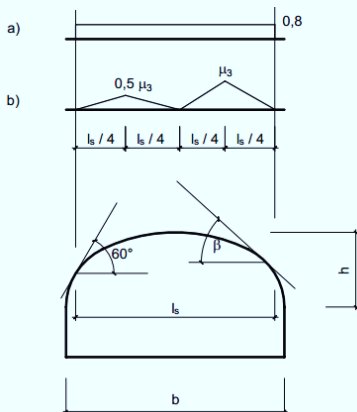
2.1.3.1. Užitná zatížení

- Střecha kategorie H

$$q_{k1} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$



2.1.3.2. Zatížení sněhem



Typ střechy – válcová střecha bez sněžníků

$$\text{pro } \beta > 60^\circ \quad \mu_3 = 0$$

$$\text{pro } \beta \leq 60^\circ \quad \mu_3 = 0,2 + 10 \cdot h/b$$

Parametry:

$$h = 3,48\text{m}$$

$$b = 32,8\text{m}$$

$$\text{Tvarový součinitel } \mu_3 = 1,8$$

$$\text{Charakteristická hodnota zatížení } s_k = 1,03 \text{ kPa}$$

$$\text{Součinitel expozice } C_e = 1$$

$$\text{Teplotní součinitel } C_t = 1$$

$$\text{Vzdálenost nosníků } s = 5,0\text{m}$$

$$\text{Typ krajiny } C_e$$

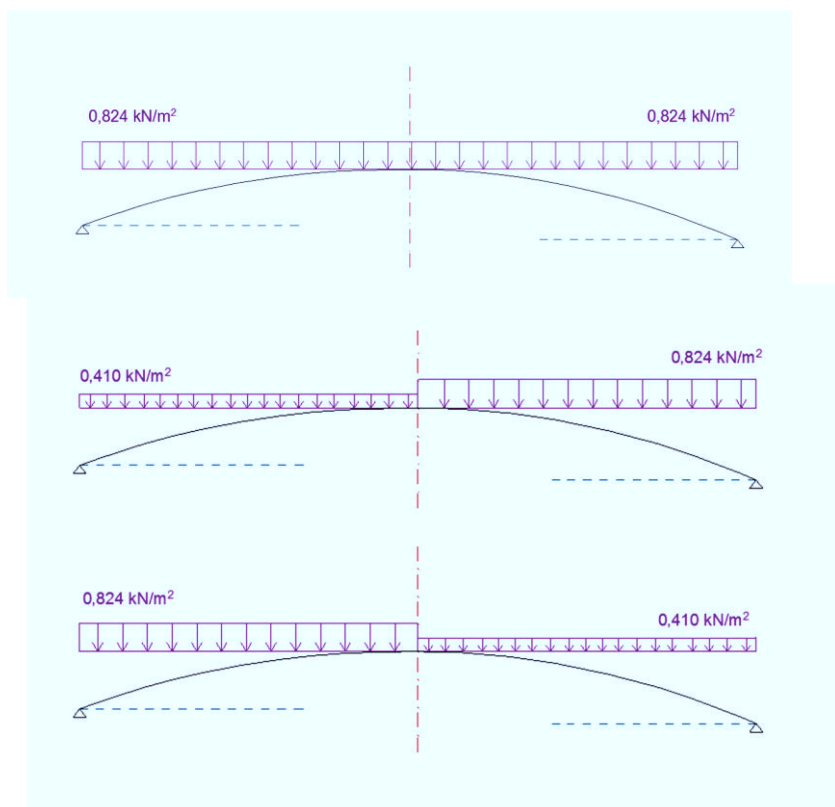
$$\text{Otevřená } 0,8$$

- Normální 1,0
- Chráněná 1,2

Výpočet zatížení:

Nenavátý sníh

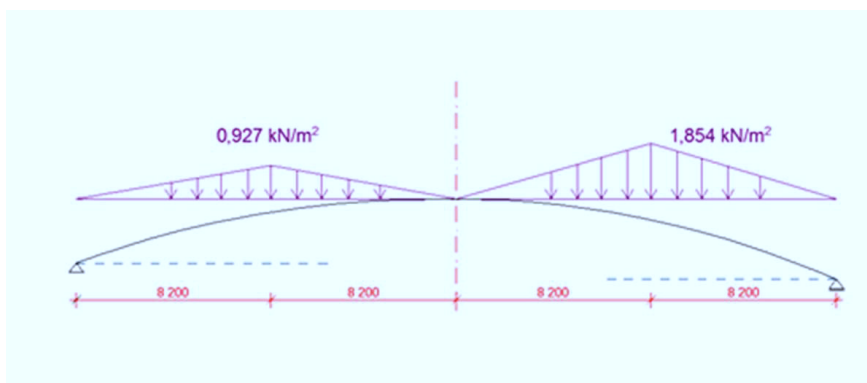
$$s_{k1} = 0,8 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03 = 0,824 \text{ kN/m}^2$$



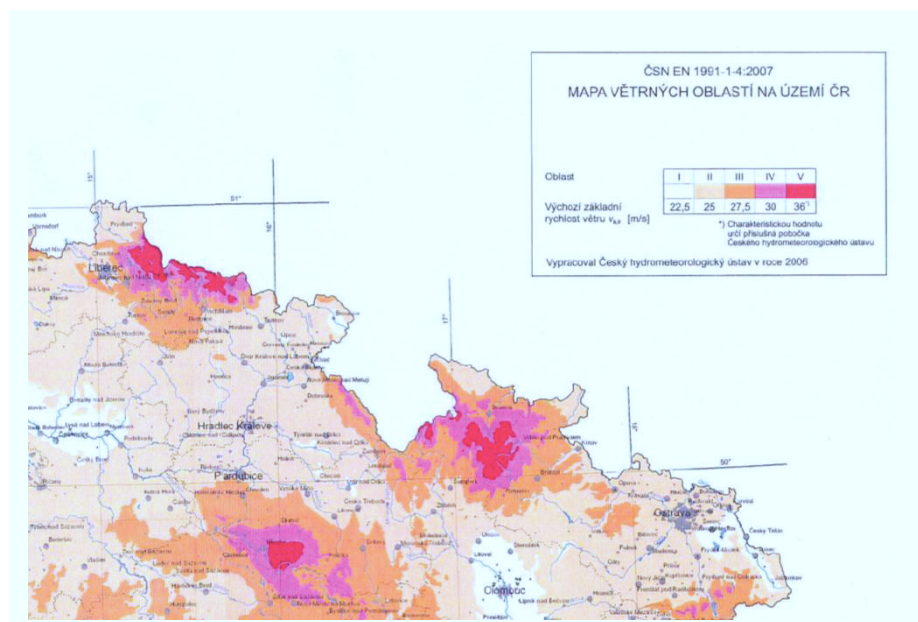
Navátý sníh

$$s_{k2} = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03 = 1,854 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{k3} = 0,5 \cdot \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,5 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03 = 0,927 \text{ kN/m}^2$$



2.1.3.3. Zatížení větrem



Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 22,5 \text{ ms}^{-1}$

Základní rychlost větru $v_b = C_{\text{dir}} \cdot C_{\text{season}} \cdot v_{b,0} = 22,5 \text{ ms}^{-1}$

Součinitel směru větru $C_{\text{dir}} = 1,00$

Součinitel ročního období $C_{\text{season}} = 1,00$

Celková výška objektu $z = 11,260 \text{ m}$

Parametr drsnosti terénu $z_0 = 0,05 \text{ m}$

Minimální výška $z_{\text{min}} = 2 \text{ m}$

Součinitel terénu $k_r = 0,19$

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$$

z_0 parametr drsnosti terénu

z_{min} minimální výška

k_r součinitel terénu

$z_{0,II} \dots\dots 0,05 \text{ m}$

Součinitel drsnosti $C_r(z) = 1,029$

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0}, \text{ ale } z \geq z_{min}$$

Součinitel ortografie $C_0(z) = 1,0$

Střední rychlost větru $v_m(z) = 23,15 \text{ ms}^{-1}$

$$v_m(z) = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot v_b$$

Intenzita turbulence $I_v(z) = 0,185$

$$I_v(z) = \frac{k_r}{C_0(z) \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} \quad \text{pro } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

Součinitel turbulence $k_1 = 1,0$

Hustota vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Maximální dynamický tlak $q_p(z) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)]0,5\rho v_m^2(z) = C_e(z)q_b$$

A/ Zatížení větru na střechu

Příčný vítr

Parametry:

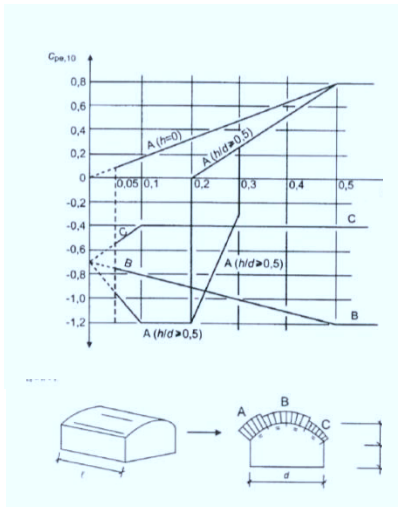
$$h = 7,3 \text{ m}$$

$$d = 33,05 \text{ m}$$

$$f = 3,48 \text{ m}$$

$$\frac{f}{d} = 0,105$$

$$\frac{h}{d} = 0,221$$



OBLAST

$$A \quad C_{pe,10}^A = 0,0323$$

$$B \quad C_{pe,10}^B = -0,772$$

$$C \quad C_{pe,10}^C = -0,40$$

PÁSMO A

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^A = 0,0323$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot 0,0323 = 0,0248 \text{ kN/m}^2$$

PÁSMO B

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^B = -0,772$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,B} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-0,772) = -0,593 \text{ kN/m}^2$$

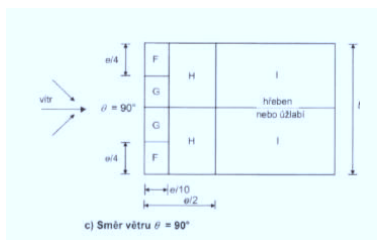
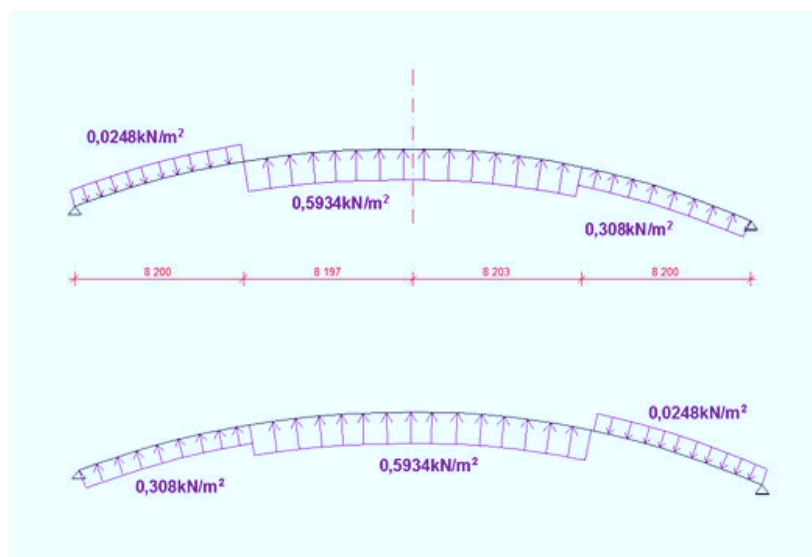
PÁSMO C

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^C = -0,40$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,c} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-0,400) = -0,308 \text{ kN/m}^2$$



Podélný vítr

Parametry:

$$h = 11,3 \text{ m}$$

$$b = 32,8 \text{ m}$$

$$e = 2 \times 11,3 = 22,6 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,26 \text{ m}$$

$$e/2 = 11,3 \text{ m}$$

$$e/4 = 5,65 \text{ m}$$

OBLAST

$$F \quad C_{pe,10}^F = -1,3$$

$$G \quad C_{pe,10}^G = -1,3$$

$$H \quad C_{pe,10}^H = -0,6$$

$$I \quad C_{pe,10}^I = -0,5$$

PÁSMO F

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^F = -1,3$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,F} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-1,3) = -1,04 \text{ kN/m}^2$$

PÁSMO G

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^G = -1,3$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,G} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-1,3) = -1,04 \text{ kN/m}^2$$

PÁSMO H

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^H = -0,6$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,H} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-0,6) = -0,48 \text{ kN/m}^2$$

PÁSMO I

Součinitel vnějšího tlaku

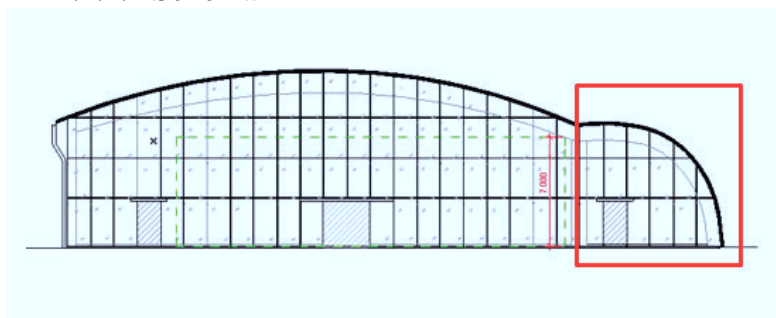
$$C_{pe,10}^I = -0,5$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,I} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-0,5) = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

2.2. Zatížení na střechu nad stájemi

2.2.1. Schéma



2.2.2. Stálé zatížení

2.2.2.1.ZS 1 – Vlastní tíha konstrukce

(vygenerováno z programu Scia Engineer)

2.2.2.2.ZS 2 – Ostatní stálé

A/ Střešní plášť

- Hliníkový plech KALZIP objm. hm. 5 kg/m²

$$'g_k = 0,05 \text{ kN/m}^2$$

- Tepelná izolace – minerální izolace Knauf tl. 160mm o.h. 16 kg/m³

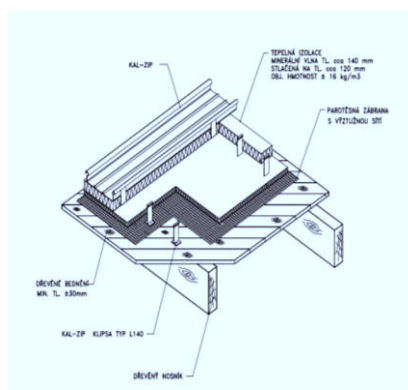
$$'g_k = 0,16 \cdot 1,6 = 0,256 \text{ kN/m}^2$$

- Parozábrana – asfaltové modifikované pásy

$$'g_k = 0,019 \text{ kN/m}^2$$

- Dřevěné bednění tl. 30mm 500 kg/m³

$$'g_k = 0,03 \cdot 5,0 = 0,150 \text{ kN/m}^2$$



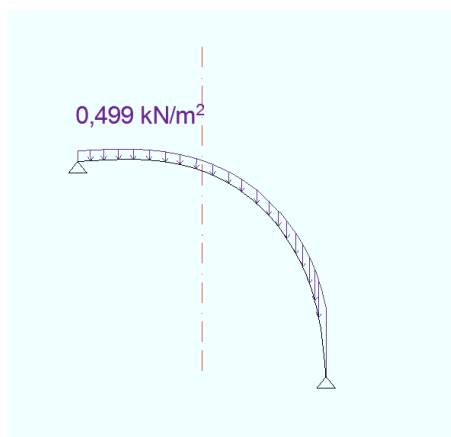
Celkem $g_{k1} = 0,05 + 0,256 + 0,019 + 0,15 = 0,475 \text{ kN/m}^2$

B/ Spojovací prostředky, osvětlení, klimatizace

= \rightarrow 5% z celkového zatížení A/

$$g_{k2} = 0,05 \cdot 0,475 = 0,024 \text{ kN/m}^2$$

$$\sum g_k = g_{k1} + g_{k2} = 0,475 + 0,024 = 0,499 \approx 0,5 \text{ kN/m}^2$$

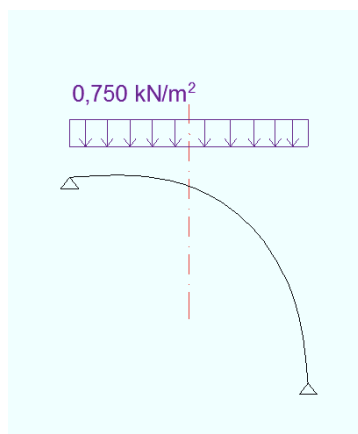


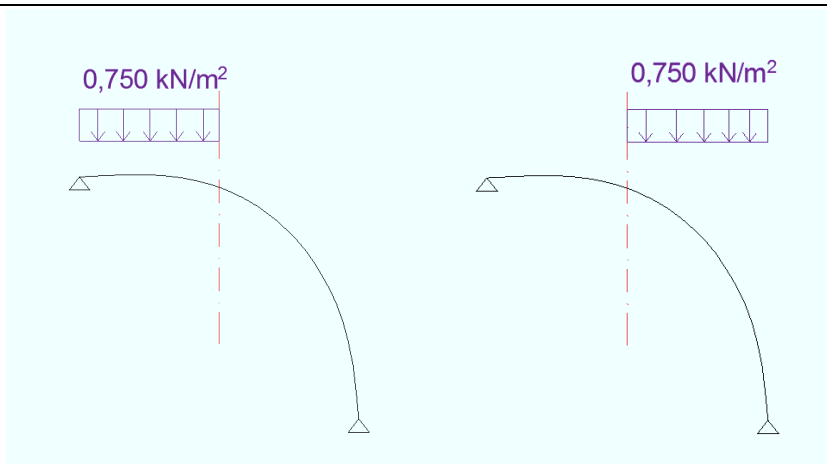
2.2.3. Proměnné zatížení

2.2.3.1. Užitná zatížení

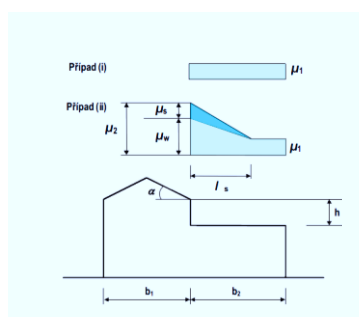
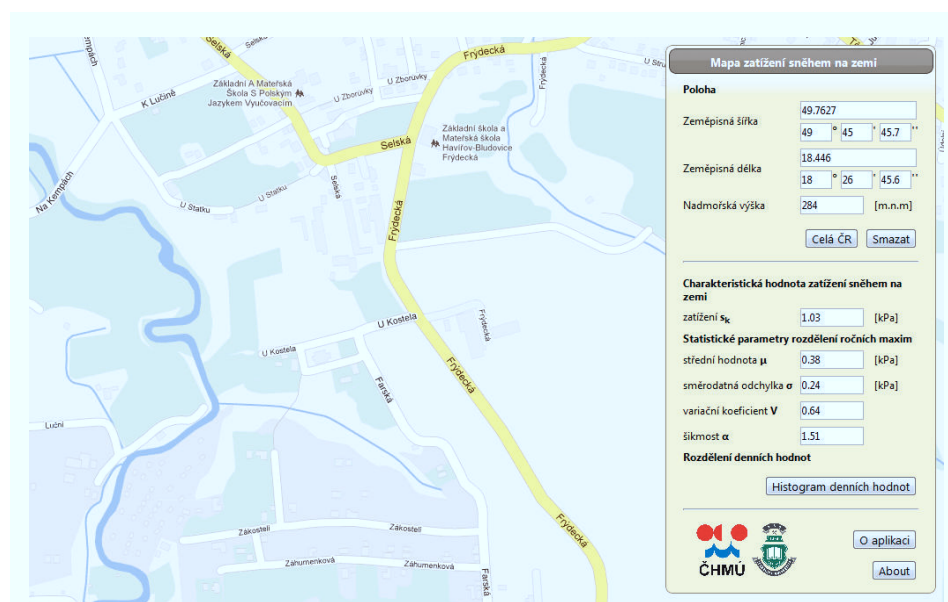
- Střecha kategorie H

$$q_{k1} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$





2.2.3.2. Zatížení sněhem



Typ střechy - střechy sousedící a přiléhající k vyšším stavbám

$$\mu_1 = 0,8$$

$\mu_s = \text{pro } \alpha > 15^\circ \rightarrow \text{se } \mu_s \text{ stanoví z přídatného zatížení o velikosti 50\%}$
maximálního celkového zatížení sněhem na přilehlém sklonu vyšší
střechy.

$$\mu_s = 0,5 \cdot 1,854 = 0,927 \text{ kN/m}^2$$

Parametry:

Charakteristická hodnota zatížení $s_k = 1,03 \text{ kPa}$

Součinitel expozice $C_e = 1$

Teplotní součinitel $C_t = 1$

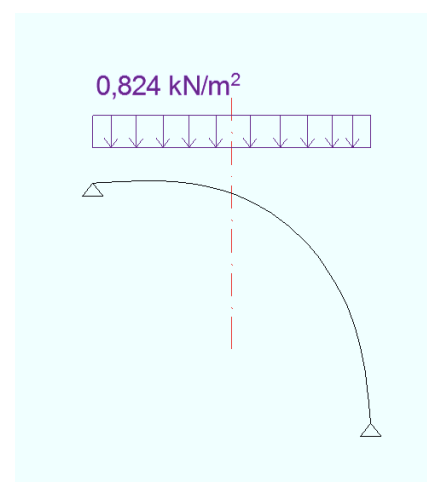
Vzdálenost nosníků $s = 5,0\text{m}$

Výpočet zatížení:

Nenavátý sníh

$$\mu_1 = 0,8$$

$$s_{k1} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03 = 0,824 \text{ kN/m}^2$$



Navátý sníh

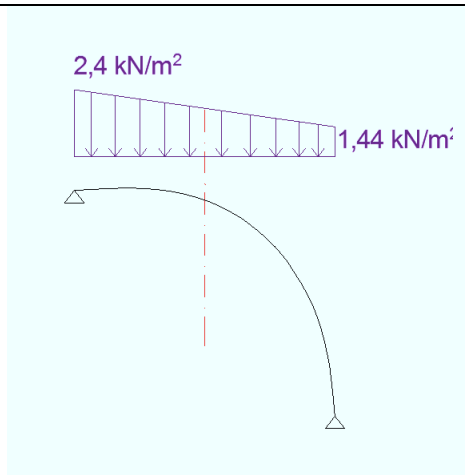
$$\alpha = 21^\circ$$

$$\mu_2 = 0,8 + 0,8 \cdot \alpha/30 = 1,4 \text{ kN/m}^2$$

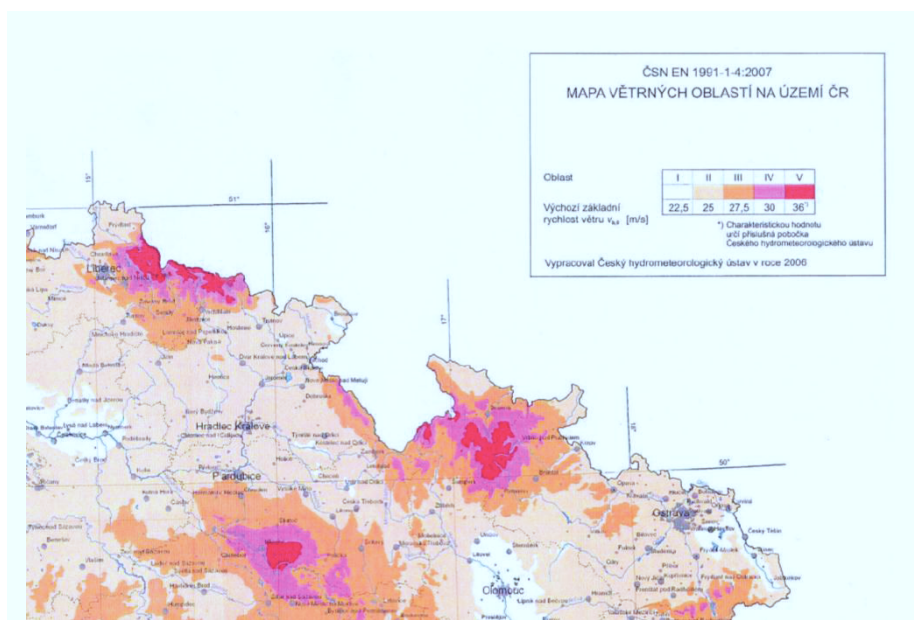
$$\mu_s = 0,927 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{k2} = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03 = 1,44 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{k3} = (\mu_2 + \mu_s) \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = (1,4 + 0,927) \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03 = 2,4 \text{ kN/m}^2$$



2.2.3.3. Zatížení větrem



Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 22,5 \text{ ms}^{-1}$

Základní rychlost větru $v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 22,5 \text{ ms}^{-1}$

Součinitel směru větru $C_{dir} = 1,00$

Součinitel ročního období $C_{season} = 1,00$

Celková výška objektu $z = 7,90 \text{ m}$

Parametr drsnosti terénu $z_0 = 0,05 \text{ m}$

Minimální výška $z_{min} = 2 \text{ m}$

Součinitel terénu $k_r = 0,19$

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$$

z_0 parametr drsnosti terénu

z_{min} minimální výška

k_r součinitel terénu

$z_{0,II}$ 0,05 m

Součinitel drsnosti $C_r(z) = 0,961$

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln \frac{z}{z_0}, \text{ ale } z \geq z_{min}$$

Součinitel ortografie $C_0(z) = 1,0$

Střední rychlost větru $v_m(z) = 23,15 \text{ ms}^{-1}$

$$v_m(z) = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot v_b$$

Intenzita turbulence $I_v(z) = 0,198$

$$I_v(z) = \frac{k_r}{C_0(z) \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} \quad \text{pro } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

Součinitel turbulence $k_l = 1,0$

Hustota vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

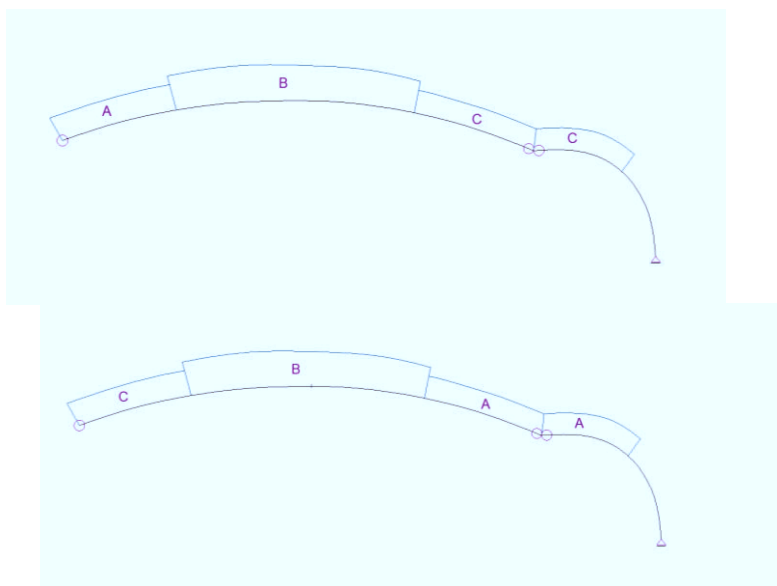
Maximální dynamický tlak $q_p(z) = 0,7992 \text{ kN/m}^3$

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)]0,5\rho v_m^2(z) = C_e(z)q_b$$

A/ Zatížení větru na střechu

Příčný vítr

→ Oblast převzata ze zatížení střechy zastřešující jezdeckou arénu



OBLAST

$$A \quad C_{pe,10}^A = 0,0323$$

$$C \quad C_{pe,10}^C = -0,40$$

PÁSMO A

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^A = 0,0323$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot 0,0323 = 0,0248 \text{ kN/m}^2$$

PÁSMO C

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^C = -0,40$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,C} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-0,400) = -0,308 \text{ kN/m}^2$$

B/ Zatížení větru na stěny

Podélný vítr

Parametry:

$$h = 7,00 \text{ m}$$

$$d = 75,00 \text{ m}$$

$$b = 4,00 \text{ m}$$

$$e = 4,00 \text{ m}$$

$$h/d = 0,093$$

OBLAST

$$\text{A} \quad \text{délka } 1,0 \text{ m} \quad C_{pe,10}^A = -1,20$$

$$\text{B} \quad 74,0 \text{ m} \quad C_{pe,10}^B = -0,80$$

PÁSMO A

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^A = -1,20$$

$$q_p(z_e) = 0,7992 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7992 \cdot (-1,20) = -0,96 \text{ kN/m}^2$$

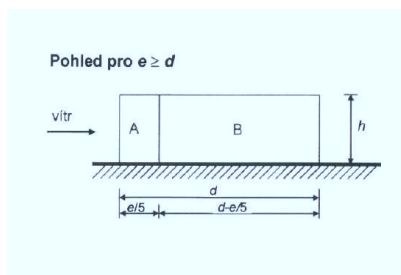
PÁSMO B

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^B = -0,80$$

$$q_p(z_e) = 0,7992 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,B} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7992 \cdot (-0,80) = -0,64 \text{ kN/m}^2$$



3. Kombinace zatěžovacích stavů

3.1. Výpis zatěžovacích stavů

LC1 – Vlastní tíha konstrukce

LC3 – Ostatní stálé

LC2 – Užitné-celá plocha

LC4 – Užitné – vlevo

LC5 – Užitné – vpravo

LC6 – Sníh – celý

LC10 – Sníh – poloviční

LC11 – Sníh – poloviční

LC7 – Sníh – navátý

LC8 – Vítr – příčný

LC9 – Vítr – podélný

LC12 – Vítr – příčný_2

LC13 – Vítr – příčný_ stěna

LC14 – Vítr – podélný_2

LC15 – Dav lidí

LC16 – Vítr – levá stěna

3.2. Kombinace

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,l} \cdot Q_{k,l} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{O,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\sum \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,l} \cdot Q_{k,l} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{O,i} \cdot Q_{k,i}$$

$\gamma_G = 1,35 \rightarrow$ dílčí součinitel bezpečnosti pro stálé zatížení

$\gamma_Q = 1,5 \rightarrow$ dílčí součinitel bezpečnosti pro nahodilé zatížení

$\Psi_0 = 0,7 \rightarrow$ součinitel kombinací pro pozemní stavby

3.2.1. Mezní stav únosnosti

kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO1	EC - únosnost	LC1 - vlastní tíha	1,00
		LC3 - stálé	1,00
		LC2 - užité celá plocha	1,00
		LC4 - užité vlevo	1,00
		LC5 - užité vpravo	1,00
		LC6 - sníh celý	1,00
		LC10 - sníh poloviční jedna strana	1,00
		LC11 - sníh poloviční druhá strana	1,00
		LC7 - sníh navátý	1,00
		LC8 - vítr příčný	1,00
		LC9 - vítr podélný	1,00
		LC12 - vítr příčný opačně	1,00
		LC13 - vítr příčný stěna	1,00
		LC14 - vítr podélný otočený	1,00
		LC15 - dav lidí	1,00
		LC16 - vítr příčný levá stěna	1,00

3.2.2. Mezní stav použitelnosti kombinace

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO2	EC - použitelnost	LC1 - vlastní tíha	1,00
		LC3 - stálé	1,00
		LC2 - užité celá plocha	1,00
		LC4 - užité vlevo	1,00
		LC5 - užité vpravo	1,00
		LC6 - sníh celý	1,00
		LC10 - sníh poloviční jedna strana	1,00
		LC11 - sníh poloviční druhá strana	1,00
		LC7 - sníh navátý	1,00
		LC8 - vítr příčný	1,00
		LC9 - vítr podélný	1,00
		LC12 - vítr příčný opačně	1,00
		LC13 - vítr příčný stěna	1,00
		LC14 - vítr podélný otočený	1,00
		LC15 - dav lidí	1,00
		LC16 - vítr příčný levá stěna	1,00

3.3. Výpočet zatížení

Hodnota zatížení je brána pro nejnepříznivější účinek.

4. Vnitřní síly na konstrukci

4.1. Mezní stav únosnosti

1. Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : Vše
Třída : únosnost

Prut	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1517	CO1/1	0,000	-589,51	-0,32	-144,38	-7,79	1292,51	-1,03
B1502	CO1/2	0,000	55,51	-54,86	-0,94	5,65	-2,12	24,48
B1502	CO1/3	0,000	45,99	-59,53	-1,76	5,49	-1,15	25,64
B1592	CO1/4	0,000	40,88	56,61	-1,43	-5,55	-1,54	-24,16
B84	CO1/3	0,415	-248,57	0,53	-232,32	-0,14	0,00	-1,50
B85	CO1/3	0,000	-230,00	1,89	228,23	-2,01	0,00	0,04
B1500	CO1/1	1,600	-365,48	7,83	-121,03	-57,47	670,87	8,69
B1590	CO1/1	1,600	-364,65	-7,60	-120,19	54,83	659,27	-8,80
B1136	CO1/5	0,000	-72,39	-0,53	5,43	0,09	-134,42	0,28
B72	CO1/6	0,000	-184,17	0,54	-8,43	-0,12	1988,13	-0,11
B891	CO1/4	8,000	-437,74	-7,30	23,54	-10,33	188,31	-38,83
B917	CO1/4	8,000	-439,18	7,34	22,06	11,07	176,46	39,03

4.2. Mezní stav použitelnosti

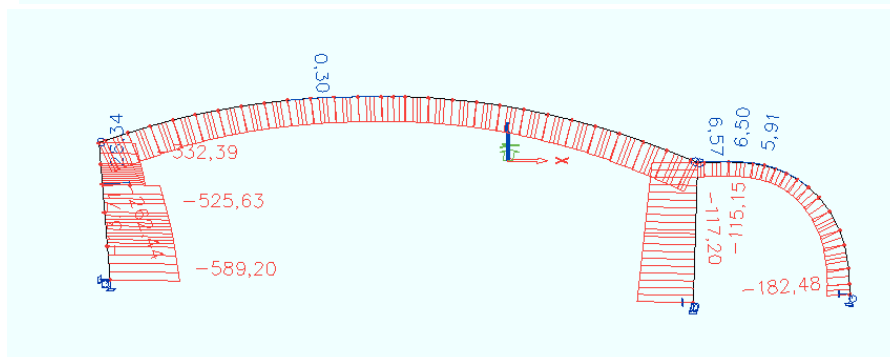
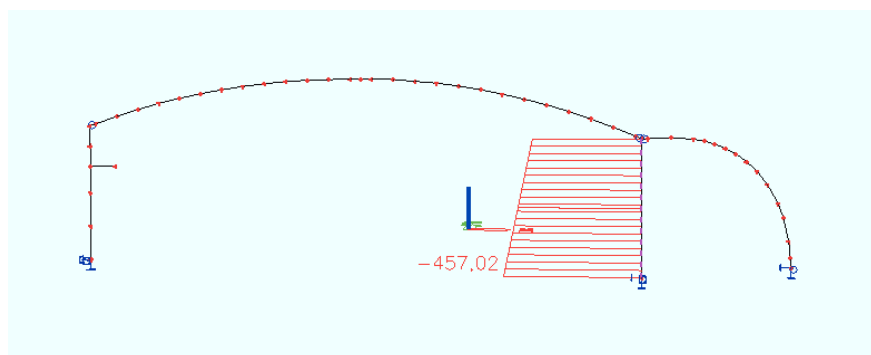
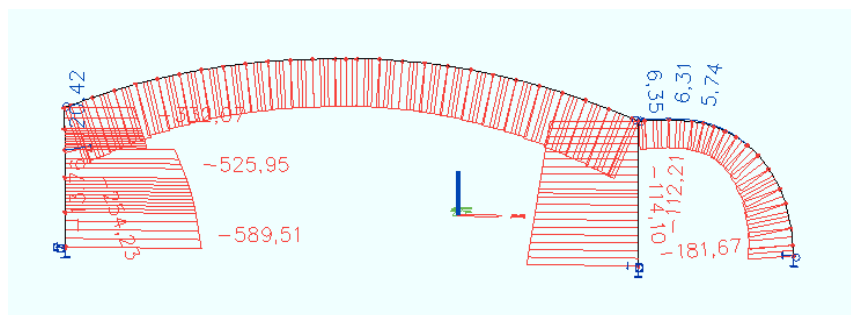
2. Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : Vše
Třída : použitelnost

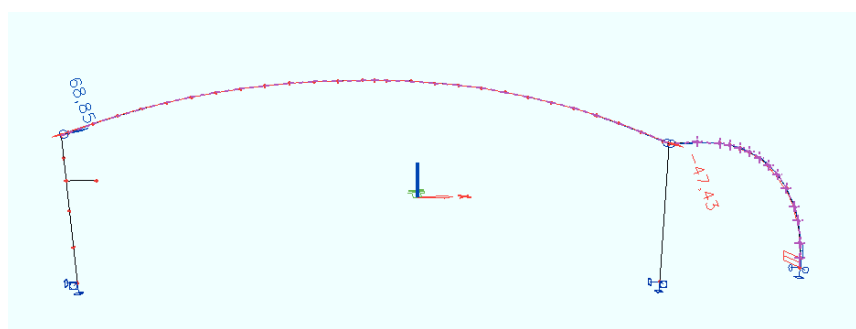
Prut	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1517	CO2/7	0,000	-436,68	-0,24	-106,95	-5,77	957,42	-0,76
B1502	CO2/8	0,000	41,12	-40,64	-0,69	4,19	-1,57	18,14
B1502	CO2/9	0,000	34,06	-44,10	-1,31	4,07	-0,85	19,00
B1592	CO2/10	0,000	30,28	41,93	-1,06	-4,11	-1,14	-17,90
B84	CO2/9	0,415	-184,13	0,39	-172,09	-0,10	0,00	-1,11
B85	CO2/9	0,000	-170,37	1,40	169,06	-1,49	0,00	0,03
B1500	CO2/7	1,600	-270,72	5,80	-89,65	-42,57	496,94	6,44
B1590	CO2/7	1,600	-270,11	-5,63	-89,03	40,61	488,34	-6,52
B1136	CO2/11	0,000	-53,62	-0,39	4,03	0,07	-99,57	0,21
B72	CO2/12	0,000	-136,42	0,40	-6,25	-0,09	1472,69	-0,08
B891	CO2/10	8,000	-324,25	-5,41	17,44	-7,65	139,49	-28,76
B917	CO2/10	8,000	-325,32	5,43	16,34	8,20	130,71	28,91

4.3. Průběh vnitřních sil

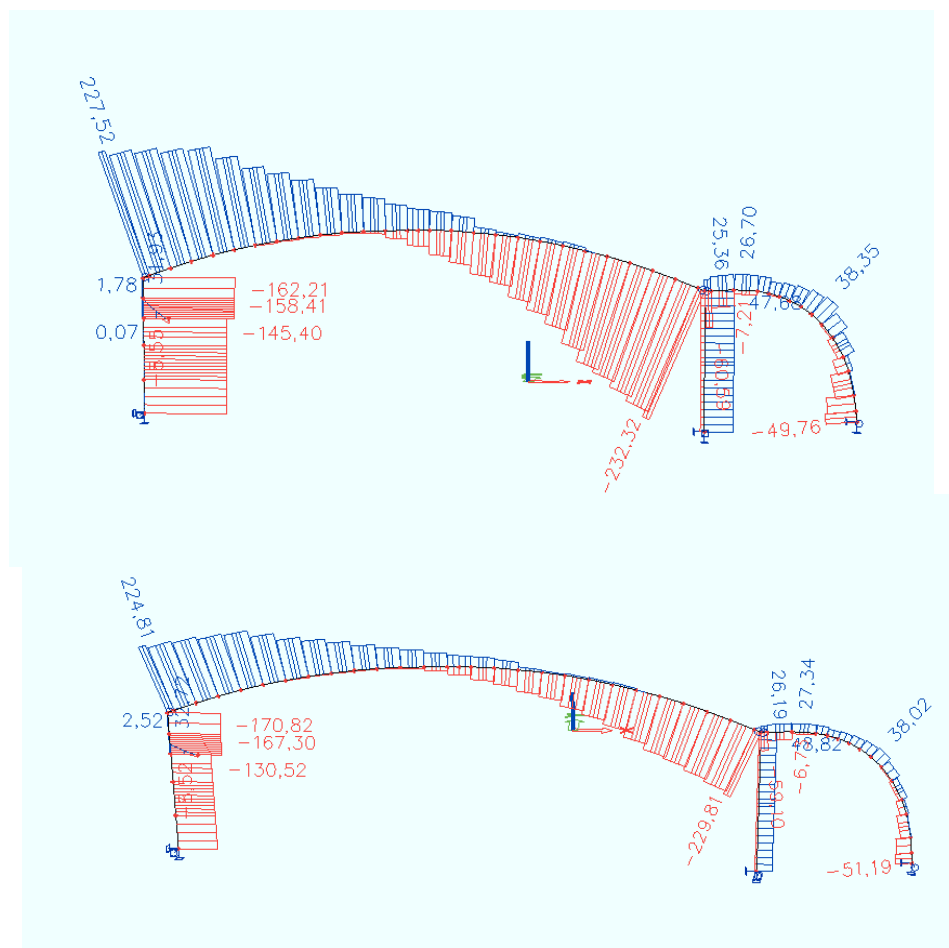
4.3.1. Normálové síly – N



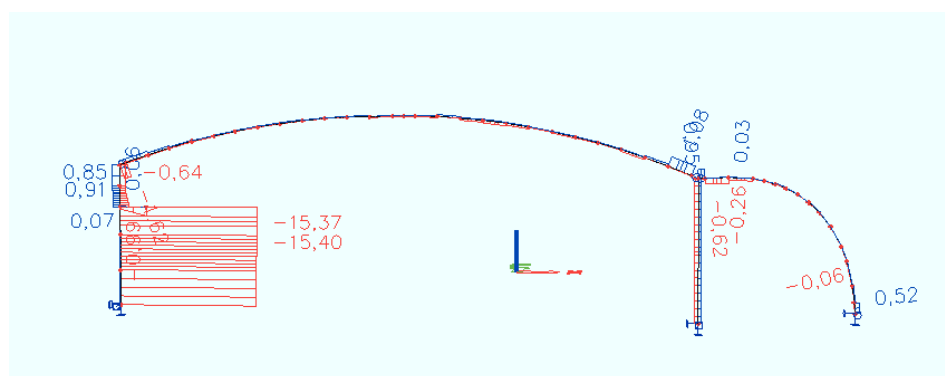
4.3.2. Posouvající síly – Vy

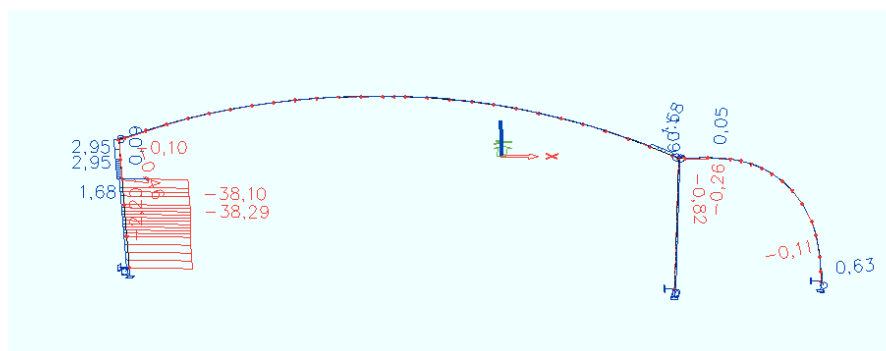


4.3.3. Posouvající síly – Vz

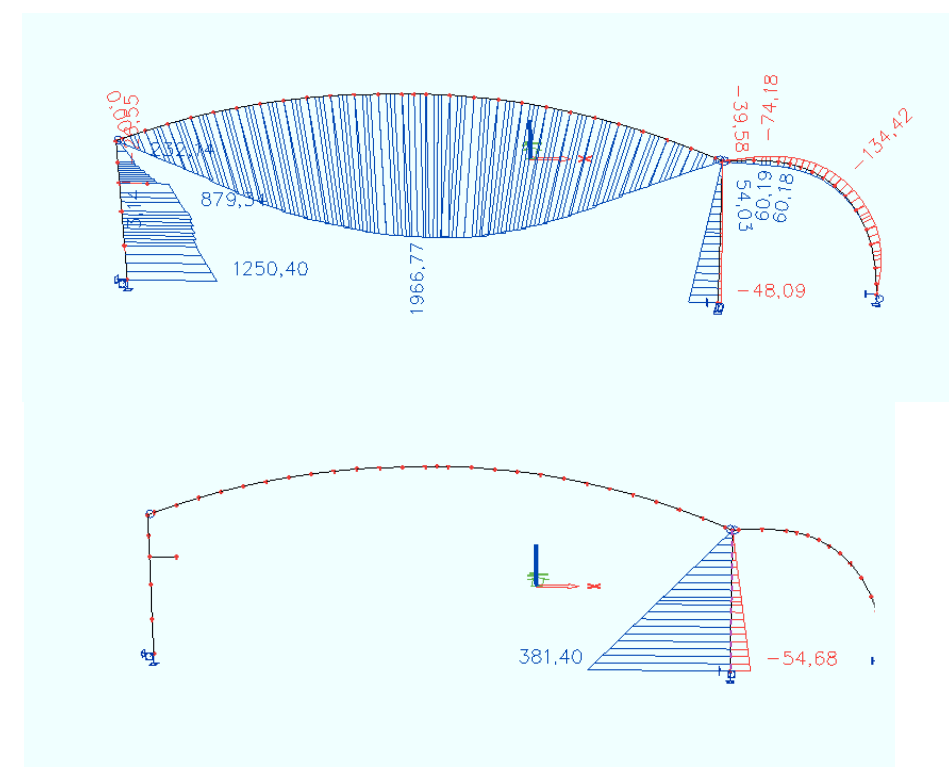
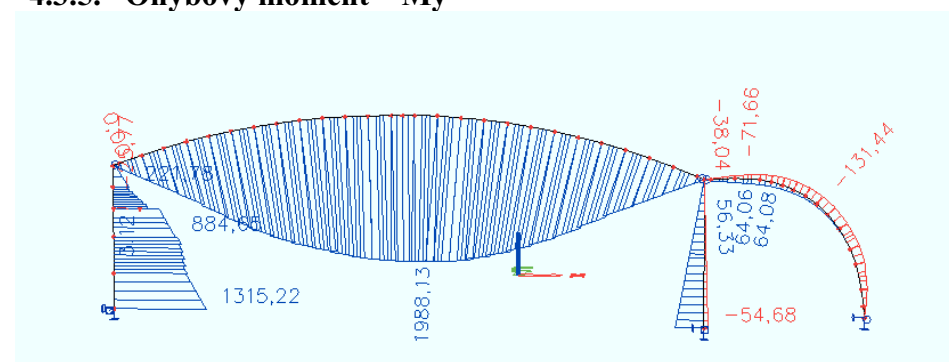


4.3.4. Ohybový moment – Mx

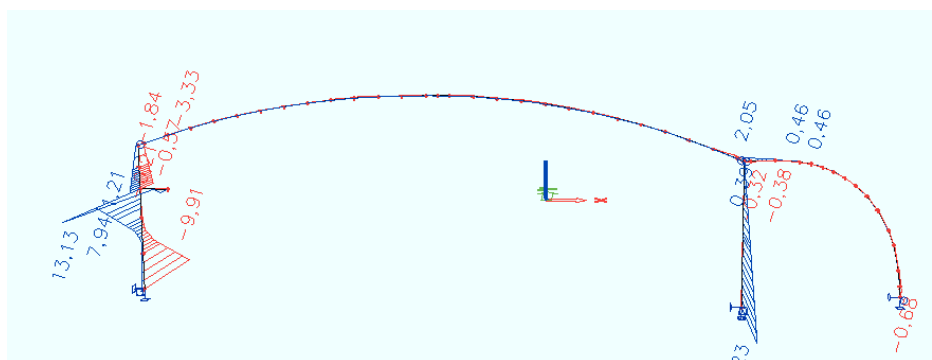
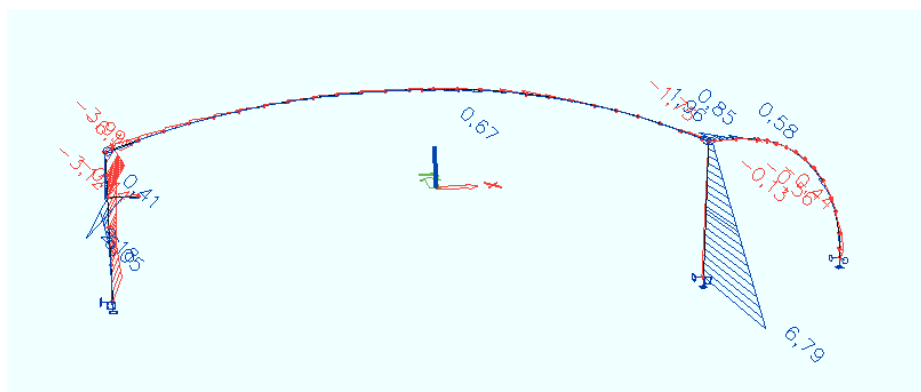




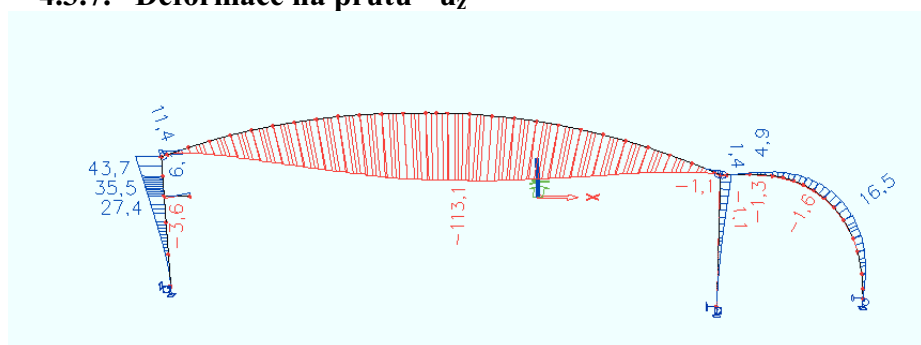
4.3.5. Ohybový moment – M_y



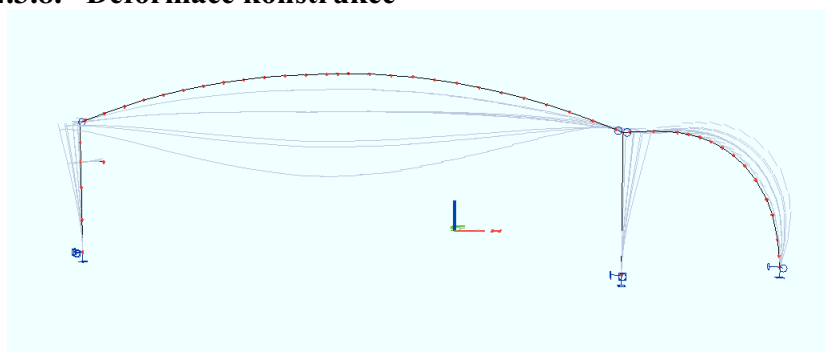
4.3.6. Ohybový moment – M_z



4.3.7. Deformace na prutu - u_z



4.3.8. Deformace konstrukce



5. Posouzení vybraných nosných prvků

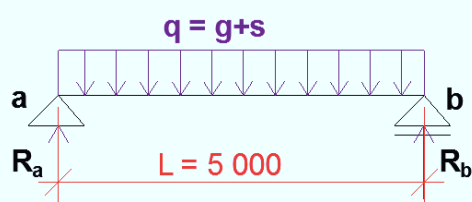
Předmětem posouzení budou následující prvky:

- Střešní vaznice
- Vazník nad jezdeckou arénou
- Vazník nad stájemi
- Čepový spoj
- Patní deska ložiska
- Namáhání betonu pod ložiskem
- Posouzení svaru – svislých patních plechů čepového spoje k patní desce
- Přípoj dřevěného vazníku k ložisku
- Připojení vaznice k vazníku
- Sloupky nosné konstrukce fasády štítové stěny
- Paždíky nosné konstrukce fasády štítové stěny
- Ztužidla
- Požární odolnost dřevěných vazníků
- Krátká konzola na vnitřním sloupu
- Železobetonové sloupy
- Základové železobetonové patky

5.2. Střešní vaznice

- Předmětem posudku jsou vaznice obdélníkového průřezu $140 \times 280 \text{ mm}$ a délce 5 m. Vaznice je kloubově uložena na vaznících a staticky působí jako prostý nosník.
- Vaznici posuzujeme na dvojosý ohyb

5.2.1. Geometrické schéma



5.2.2. Vnitřní síly

- Pro výpočet je uvažována nejnepríznivější hodnota - z výpočetního programu Scia Engineer

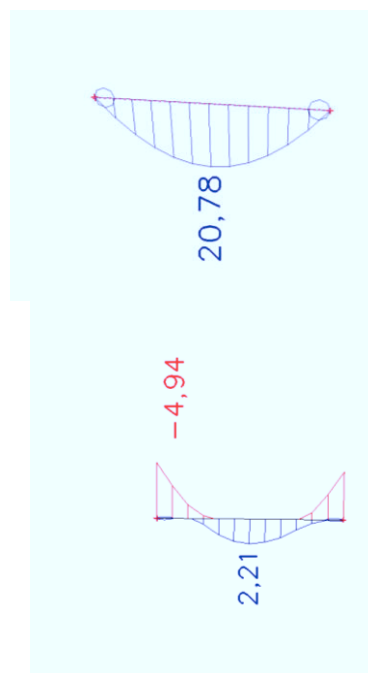
$$M_{yd} = 20,78 \text{ kNm}$$

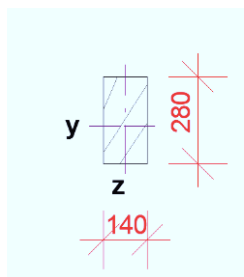
$$M_{zd} = -4,94 \text{ kNm}$$

5.2.3. Průřezové + materiálové charakteristiky vaznice

Třídy pevnosti konstrukčního dřeva C24

- Pevnost v ohybu $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
- Pevnost v tahu
 - o Rovnoběžně s vlákny $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$





- Kolmo k vláknům $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$
- Pevnost v tlaku
 - Rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$
 - Kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 5,3 \text{ MPa}$
- Pevnost ve smyku $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti $E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$
 $E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$
 $E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$

Průřezový modul 140/280

$$W_y = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,14 \cdot 0,28^2 = 0,00183 \cdot 10^9 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6}b^2h = \frac{1}{6} \cdot 0,14^2 \cdot 0,28 = 0,000915 \cdot 10^9 \text{ mm}^3$$

$$A = 0,14 \cdot 0,28 = 0,039 \text{ m}^2$$

$$k_m = 0,7 \text{ (pro obdélníkový průřez)}$$

5.2.4. Posouzení vaznice

A/ Mezní stav únosnosti – posouzení na ohyb

Návrhová pevnost za ohybu

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 16,62 \text{ MPa}$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (pro rostlé dřevo)}$$

Návrhové napětí za ohybu k hlavním osám

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{20,78 \cdot 10^6}{1830000} = 11,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{4,94 \cdot 10^6}{915000} = 5,40 \text{ MPa}$$

Podmínka pro mezní stav únosnosti

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{11,36}{16,62} + 0,7 \cdot \frac{5,40}{16,62} = 0 \leq 1$$

→ Vyhovuje, využití průřezu 91%

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \cdot k_m + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{11,36}{16,62} \cdot 0,7 + \frac{5,40}{16,62} = 0,80 \leq 1$$

→ Vyhovuje, využití průřezu 80%

B/ Mezní stav použitelnosti – průhyb

Pro posudek na průhyb byly vybrány tři rozhodující vaznice s největším natočením. Z prostoru nad jezdeckou arénou, vaznice s natočením 20°, se zatěžovací šířkou 1,3 m a ze střechy zastřešující stáje byly vybrány dvě vaznice s natočením 45° a 70°, se zatěžovací šířkou 0,9 m.

přepočet zatížení				
typ zatížení	char. hodnota	r.d		
stálé	0,500	1,3	0,650	kN/mb
sníh	0,824	1,3	1,071	kN/mb
vítr	0,032	1,3	0,042	kN/mb
soustředné zatížení	1,000	1	1,000	kN/mb

stálé	0,500	0,9	0,450	kN/mb
sníh	0,824	0,9	0,742	kN/mb
vítr	0,032	0,9	0,029	kN/mb
soustředné zatížení	1,000	1	1,000	kN/mb

rozměry nosníku		
b	140	mm
h	280	mm
l	5000	mm

Modul pružnosti	
$E_{0,mean} =$	11000 MPa

složky zatížení	stupně			
	20	45	70	
směr osy y				
G _{k,y}	0,593	0,383	0,348	kN/mb
Q _{ky1}	0,978	0,631	0,574	kN/mb
Q _{ky2}	0,038	0,025	0,022	kN/mb
Q _{ky3}	0,913	0,851	0,774	kN/mb
směr osy z				
G _{k,z}	0,265	0,236	0,285	kN/mb
Q _{kz1}	0,437	0,390	0,470	kN/mb
Q _{kz2}	0,017	0,015	0,018	kN/mb
Q _{kz3}	0,408	0,525	0,633	kN/mb

Posouzení mezního průhybu

Momenty setrvačnosti	
$I_y =$	256106667 mm ⁴
$I_z =$	64026667 mm ⁴

Průhyb od rovnoměrného jednotkového zatížení Q_3

		20°	45°	70°	
		(mm)	(mm)	(mm)	
$w_{ref,y} =$	$\frac{5Q_{k3}l^4}{384EI} =$	2,64	2,46	2,24	mm
$w_{ref,z} =$	$\frac{5Q_{k3}l^4}{384EI} =$	4,72	6,07	7,32	mm
$w_{ref} =$	$\sqrt{w_y^2 + w_z^2} =$	5,40	6,55	7,65	mm

1) Okamžitý průhyb od stálého zatížení G_k

		20°	45°	70°	
		(mm)	(mm)	(mm)	
$w_{1,inst,y} =$	$g_k \cdot w_{ref} =$	1,56	0,94	0,78	mm
$w_{1,inst,z} =$	$g_k \cdot w_{ref} =$	1,25	1,43	2,09	mm
$w_{1,inst} =$	$\sqrt{wy^2 + wz^2} =$	2,00	1,72	2,23	mm

2) Okamžitý průhyb od zatížení sněhem Q_1

		20°	45°	70°	
		(mm)	(mm)	(mm)	
$w_{2,inst,y} =$	$q_k \cdot w_{ref} =$	2,58	1,55	1,28	mm
$w_{2,inst,z} =$	$q_k \cdot w_{ref} =$	2,06	2,36	3,44	mm
$w_{2,inst} =$	$\sqrt{wy^2 + wz^2} =$	3,30	2,83	3,67	mm

3) Okamžitý průhyb od zatížení větrem Q_2

		20°	45°	70°	
		(mm)	(mm)	(mm)	
$w_{3,inst,y} =$	$q_k \cdot w_{ref} =$	0,10	0,06	0,05	mm
$w_{3,inst,z} =$	$q_k \cdot w_{ref} =$	0,08	0,09	0,13	mm
$w_{3,inst} =$	$\sqrt{wy^2 + wz^2} =$	0,13	0,11	0,14	mm

Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení

	20°	45°	70°	
	(mm)	(mm)	(mm)	
$w_{inst} =$	5,43	4,65	6,04	mm

w_{inst}	$\leq l/300$	16,67	mm
	$\leq l/500$	10	mm
vyhovuje			

Konečný (čistý) průhyb od stálého a proměnného zatížení

$k_{def} =$	0,6	(trvání zatížení stálé)
$k_{def} =$	0,25	(trvání zatížení střednědobé)
$\Psi_0 =$	0,6	(kombinační součinitel)

$$w_{net,fin} = w_{1,inst}(1+k_{1def}) + (w_{2,inst}+w_{3,inst})(1+\Psi_0 k_{2def})$$

	20°	45°	70°	
	(mm)	(mm)	(mm)	
$w_{net,fin} =$	7,15	6,12	7,94	mm

$w_{net,fin}$	$\leq l/350$	14,29	mm
vyhovuje			

Závěr:

Vaznice vyhovují na MSÚ i na MSP

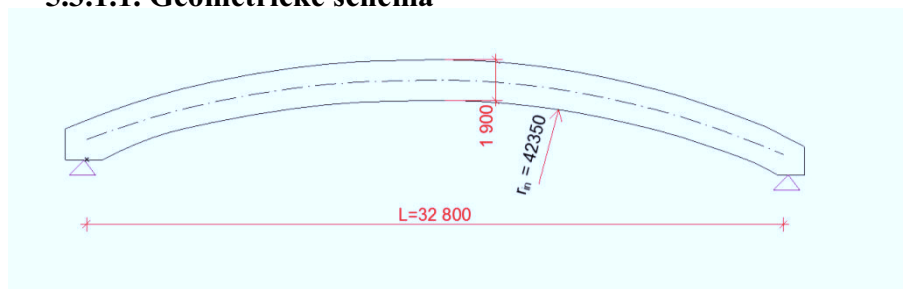
5.3. Posouzení vazníků

Jezdecká hala je ze statického hlediska rozdělena na dvě části. Nosnou konstrukci zastřešení tvoří obloukové lepené lamelové nosníky. Nad první částí mají vazníky rozpětí 32,8 m a jsou pevně kloubově uloženy na železobetonové sloupy a nad druhou částí haly mají vazníky rozpětí 8,5 m a na jednom konci jsou kloubově uloženy na železobetonových sloupech a

na druhém konci jsou uloženy v železobetonové patce.

5.3.1. Vazník zastřešující jezdeckou arénu

5.3.1.1. Geometrické schéma



$$b = 240 \text{ mm}$$

$$h = h_{ap} = 1900 \text{ mm}$$

$$l = 32\,800 \text{ mm}$$

$$r_{in} = 42\,350 \text{ mm}$$

$$t = 40 \text{ mm (tloušťka lamel)}$$

5.3.1.2. Návrhové vnitřní síly

$$V_d = 227,52 \text{ kN}$$

$$M_{\max,d} = M_{ap,d} = 1988,13 \text{ kNm}$$

5.3.1.3. Průřezové + materiálové charakteristiky

$$A = 240 \cdot 1900 = 456\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,24 \cdot 1,9^3 = 137,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} h b^3 = \frac{1}{12} \cdot 1,9 \cdot 0,24^3 = 2,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,24 \cdot 1,9^2 = 144,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6}hb^2 = \frac{1}{6} \cdot 1,9 \cdot 0,24^2 = 18,24 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{1900}{\sqrt{12}} = 548,5 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{240}{\sqrt{12}} = 69,3 \text{ mm}$$

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva GL24h

- Pevnost v ohybu $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
- Pevnost v tahu
 - Rovnoběžně s vlákny $f_{t,0,k} = 16,5 \text{ MPa}$
 - Kolmo k vláknům $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$
- Pevnost v tlaku
 - Rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$
 - Kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 2,7 \text{ MPa}$
- Pevnost ve smyku $f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti
 - $E_{0,\text{mean}} = 11600 \text{ MPa}$
 - $E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$
 - $E_{90,\text{mean}} = 390 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti ve smyku $G_{\text{mean}} = 720 \text{ MPa}$

$\gamma_M = 1,25$ (dílní součinitel pro lepené lamelové dřevo)

Třída provozu 2

$k_{\text{mod}} = 0,9$

Návrhové pevnosti

Pevnost v ohybu

$$f_{m,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

Pevnost v tahu

- Rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

- Kolmo na vlákna

$$f_{t,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{0,4}{1,25} = 0,288 \text{ MPa}$$

Pevnost v tlaku

- Rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

- Kolmo k vláknům

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

Pevnost ve smyku

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

5.3.1.4. Posouzení nosníku na ohyb

$$\sigma_{m,max,d} = \sigma_{m,ap,d} = k_l \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$$

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3 \quad \alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg} 0 + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 0 = 1,0$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,35 - 8 \cdot \operatorname{tg} 0 = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg} 0 - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2 0$$

$$k_3 = 0,6$$

$$k_4 = 6 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 6 \cdot \operatorname{tg}^2 0 = 0$$

$$r = r_{in} + 0,5h_{ap} = 42\,350 + 0,5 \cdot 1900 = 43\,300 \text{ mm}$$

$$k_l = 1,0 + 0,35 \left(\frac{1900}{43300} \right) + 0,60 \left(\frac{1900}{43300} \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{1900}{43300} \right)^3 = 1,02$$

$$\sigma_{m,ap,d} = k_l \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 1,02 \cdot \frac{6 \cdot 1988,13 \cdot 10^6}{240 \cdot 1900^2} = 14,04 \text{ MPa}$$

$$\text{Pro } \frac{r_{in}}{t} = \frac{42350}{40} = 1058,8 > 240 \quad \text{je } k_r = 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,ap,d}}{k_r f_{m,g,d}} = \frac{14,04}{1,0 \cdot 17,28} = 0,81 < 1,0$$

Nosník na ohyb vyhovuje

Využití průřezu je $\approx 81\%$

5.3.1.5. Posouzení nosníku na tah kolmo k vláknům

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \cdot \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$$

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 \dots \alpha_{ap} = 0^0$$

$$k_5 = 0,2 \cdot tg \alpha_{ap} = 0,2 \cdot tg 0 = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot tg \alpha_{ap} + 2,6 \cdot tg^2 \alpha_{ap} = 0,25 - 1,5 \cdot tg 0 + 2,6 \cdot tg^2 0$$

$$k_6 = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \cdot tg \alpha_{ap} - 4tg^2 \alpha_{ap} = 2,1 \cdot tg 0 - 4tg^2 0 = 0$$

$$k_p = 0 + 0,25 \left(\frac{1900}{43300} \right) + 0 \left(\frac{1900}{43300} \right)^2 = 0,011$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \cdot \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 0,011 \cdot \frac{6 \cdot 1988,13 \cdot 10^6}{240 \cdot 1900^2} = 0,151 \text{ MPa}$$

Pro referenční objem $V_0 = 0,01 \text{ m}^3$ a objem vrcholové oblasti V

$$V = \frac{\beta\pi}{180} \cdot b(h_{ap}^2 + 2 \cdot r_{in} \cdot h_{ap}) =$$

$$= \frac{16 \cdot \pi}{180} \cdot 0,24(1,90^2 + 2 \cdot 42,35 \cdot 1,90) = 11,03 \text{ m}^3$$

Součinitel objemu

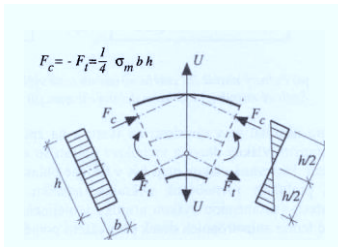
$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{11,03} \right)^{0,2} = 0,246$$

$k_{dis} = 1,4$ (pro zakřivené nosníky)

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,g,d}} = \frac{0,151}{1,4 \cdot 0,246 \cdot 0,288} = 1,52 \geq 1,0$$

→ Nosník na tah kolmo k vláknům nevyhovuje.

→ **Zesílení vlepovanými ocelovými tyčemi**



Určení momentu, po který je třeba umístit závitové tyče

$$\frac{x}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,g,d}} = 1,0$$

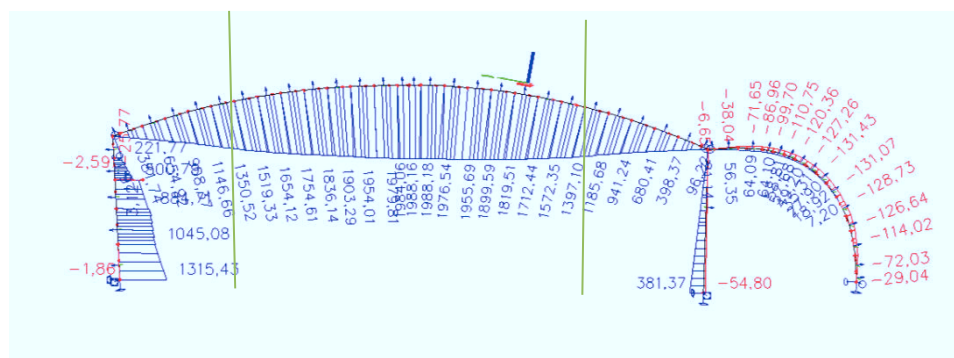
$$\frac{x}{1,4 \cdot 0,246 \cdot 0,288} = 1,0$$

$$x = 0,099$$

$$k_p \cdot \frac{6M}{bh_{ap}^2} = 0,099$$

$$0,011 \cdot \frac{6 \cdot M}{240 \cdot 1900^2} = 0,099$$

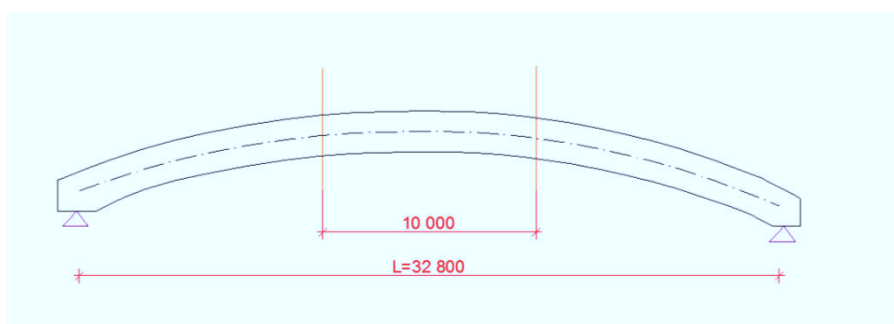
$$M = 1299,6 \text{ kNm}$$



Návrh vlepění ocelových tyčí na maximální moment $M_y = 1988 \text{ kNm}$

$$\rightarrow \sigma_{t,90,ap,d} = 0,151$$

- Na tento moment a napětí, budu navrhovat tyče na délce vazníku 10 m



$$F_{t,90,d} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,151 \cdot 240 \cdot 1,0 = 18,2 \text{ kN}$$

$$a_1 = 1,0 \text{ m}$$

Délka vlepění

$$l_{ad} = \frac{1}{2} \cdot h_{ap} = \frac{1}{2} \cdot 1900 = 950 \text{ mm}$$

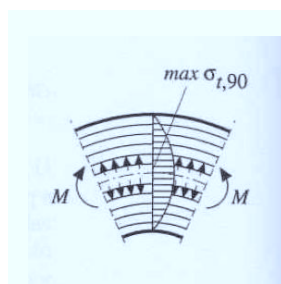
$$f_{k,1,k} = 3,5 - 0,0015 \cdot l_{ad} = 3,5 - 0,0015 \cdot 950 = 2,08 \text{ MPa}$$

$$f_{k,1,d} = 0,9 \cdot \frac{2,08}{1,25} = 1,5 \text{ MPa}$$

Návrh:

Vlepovaná ocelová tyč $\varnothing 16 \text{ mm}$

Potřebný počet vlepovaných tyčí na 1m



$$n_{req} = \frac{2 \cdot 18,2}{0,95 \cdot \pi \cdot 1500 \cdot 0,016} = 0,510$$

→ 1 tyč Ø 16 mm/ m, pevnostní třída 5.8

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

Posouzení závitové tyče na tah:

$$\sigma_{t,d} = \frac{18,2}{157} = 116 \text{ MPa}$$

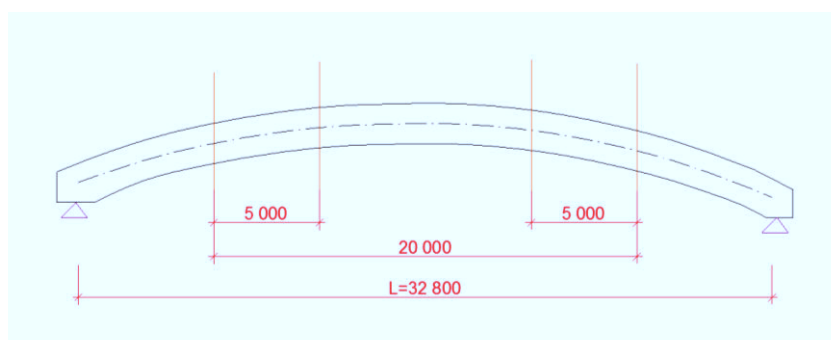
$$f_{f,d} = \frac{500}{1,1 \cdot 1,25} = 364 \text{ MPa}$$

$$\frac{116}{364} = 0,32 \leq 1,0$$

→ **Vyhovuje**

Návrh vlepění ocelových tyčí na moment $M_y = 1830 \text{ kNm}$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \cdot \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 0,011 \cdot \frac{6 \cdot 1830 \cdot 10^6}{240 \cdot 1900^2} = 0,139 \text{ MPa}$$



$$F_{t,90,d} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,139 \cdot 240 \cdot 1,5 = 25 \text{ kN}$$

Návrh:

Vlepovaná ocelová tyč Ø 16 mm

Potřebný počet vlepovaných tyčí na 1,5 m

$$n_{req} = \frac{2 \cdot 25}{0,95 \cdot \pi \cdot 1500 \cdot 0,016} = 0,70$$

→ 1 tyč Ø 16 mm/ 1,5 m, pevnostní třída 5.8

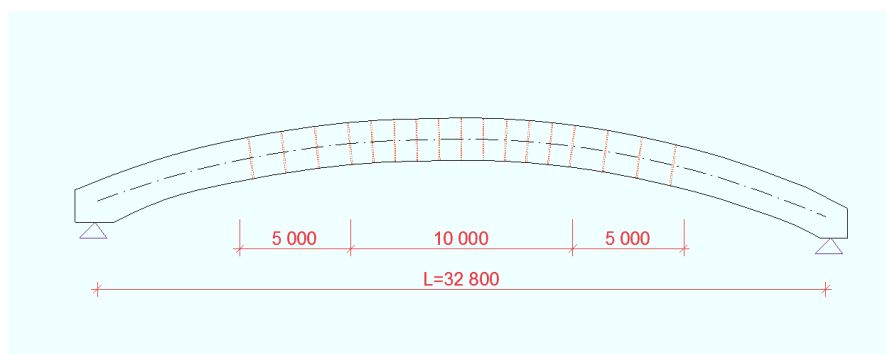
Posouzení závitové tyče na tah:

$$\sigma_{t,d} = \frac{25}{157} = 159 \text{ MPa}$$

$$f_{f,d} = \frac{500}{1,1 \cdot 1,25} = 364 \text{ MPa}$$

$$\frac{159}{364} = 0,44 \leq 1,0$$

→ **Vyhovuje**



→ Navrženo 17 závitových tyčí Ø 16 mm

→ **alternativa – za jakých podmínek by vyšel tah kolmo k vláknům (abychom nemuseli navrhovat vlepené tyče)**

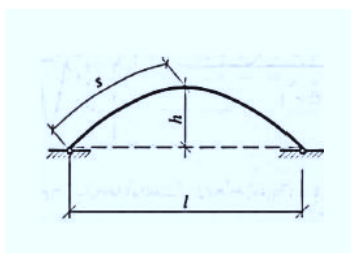
- Zvětšení výšky vazníku na 2200 mm

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \cdot \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 0,011 \cdot \frac{6 \cdot 1988,13 \cdot 10^6}{240 \cdot 2200^2} = 0,10 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis}k_{vol}f_{t,90,g,d}} = \frac{0,100}{1,4 \cdot 0,246 \cdot 0,288} = 1,0 \geq 1,0$$

- Při zvýšení výšky vazníku na 2,2 m, by tah kolmo k vláknům vyhověl
- Nákladnější varianta, než s vlepenými tyčemi

5.3.1.6. Posouzení na vzpěr a klopení



V rovině vazníku

Délka v polovině střednice vazníku

$$L_y = 16,44 \text{ m}$$

Součinitel vzpěrné délky

$$\beta = 1,25$$

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L_c = 1,25 \cdot 16,44 = 20,55 \text{ m}$$

Kritická štíhlost

$$\lambda = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{20,55}{548,5} = 0,038$$

$$\lambda_y = 38,0 \rightarrow \text{kritická štíhlost}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{64,2}} = 0,611$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} = \pi^2 \cdot \frac{9400}{38^2} = 64,2 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} = \frac{1988}{0,144} = 13,805 \text{ MPa}$$

Součinitel vzpěrnosti

$\beta_c = 0,1 \rightarrow$ pro lepené lamelové dřevo

$$\begin{aligned} k &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,611 - 0,3) + 0,611^2] = 0,702 \end{aligned}$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,702 + \sqrt{0,702^2 - 0,611^2}} = 0,954$$

- Návrhová osová síla $N_{Ed} = 262 \text{ kN}$

Návrhová hodnota napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{262 \cdot 10^3}{456000} = 0,581$$

$k_r = 1,0$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,581}{0,954 \cdot 17,28} + \frac{13,8}{1,0 \cdot 17,28} = 0,833 \leq 1,0$$

\rightarrow **Vyhovuje**

\rightarrow Využití průřezu 83%

Z roviny vazníku

$$L_{cr,z} = 3900 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3900}{69,3} = 56,3 \gg \lambda_y = 38,0$$

Poměrná štíhlost pro ohyb

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{66,9}} = 0,60$$

Kritické napětí v ohybu

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y}$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

$$I_z = \frac{1}{12} h b^3 = \frac{1}{12} \cdot 1,9 \cdot 0,24^3 = 0,0022 \text{ m}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,24 \cdot 1,9^2 = 0,144 \text{ m}^3$$

$$l_{ef} = 3,9 \cdot 0,9 = 3,51 \text{ m}$$

$$G_{0,05} = 720 \text{ MPa}$$

$$I_{tor} = 0,00777 \text{ m}^4$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{9400 \cdot 0,0022 \cdot 720 \cdot 0,00777}}{3,51 \cdot 0,144} = 66,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{262 \cdot 10^3}{456000} = 0,581$$

Součinitel klopení

$$k_{crit} = 1,0$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{56,3}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,910$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,94$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,94^2 - 0,91^2}} = 0,85$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\frac{0,581}{0,85 \cdot 17,28} + \left(\frac{13,805}{1 \cdot 17,28} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,68 \leq 1,0$$

→ Nosník vyhovuje

→ Využití průřezu 68%

5.3.1.7. Posouzení vazníku na kombinaci vzpěru s ohybem- z roviny vazníku

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} k_r \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{262 \cdot 10^3}{456000} = 0,581$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,702 + \sqrt{0,702^2 - 0,611^2}} = 0,954$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} = \frac{1988}{0,144} = 13,805 \text{ MPa}$$

$$k_r = 1,0$$

$$\frac{0,581}{0,954 \cdot 17,28} + \frac{13,805}{17,28} \cdot 1,0 = 0,834 \leq 1,0$$

→ Vazník na kombinaci vzpěru s ohybem vyhovuje

→ Využití průřezu 83%

5.3.1.8. Posouzení na smyk

Napětí ve smyku musí vyhovovat podmínce:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

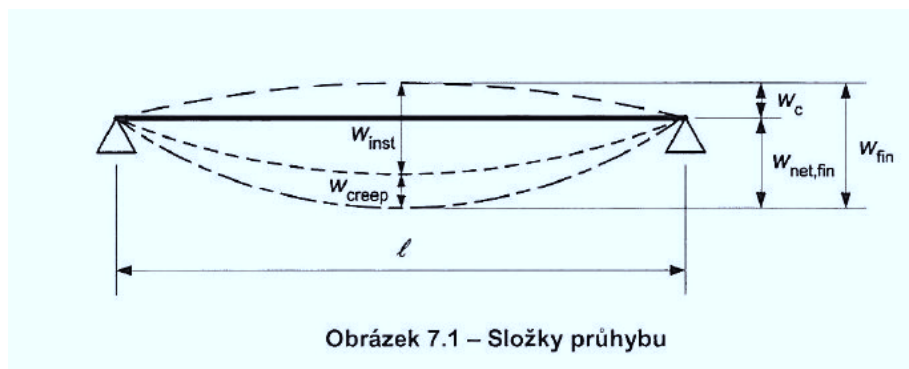
$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_z}{2 \cdot b h} = \frac{3 \cdot 232,32}{2 \cdot 0,24 \cdot 1,9} = 0,764 \text{ MPa}$$

$$V_z = 232,32 \text{ kN}$$

$$\tau_{v,d} = 0,764 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 1,94 \text{ MPa}$$

→ Vyhovuje

5.3.1.9. Posouzení na MSP - průhyb



Délka střednice

$$L = 33,6 \text{ m}$$

Počáteční deformace

$$w_{inst} \leq \frac{L}{300 \sim 500}$$

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,s} + w_{inst,w}$$

$$w_{inst,g} = 21,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst,s} = 36,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst,w} = 23,4 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = 21,8 + 36,8 + 23,4 = 82 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = 82 \text{ mm} \leq \frac{33\,600}{300} = 112 \text{ mm}$$

→ Vyhovuje

Konečná deformace

$$w_{fin} \leq \frac{L}{150 \sim 300}$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1,0 + 0,6) + w_{inst,s} + w_{inst,w}$$

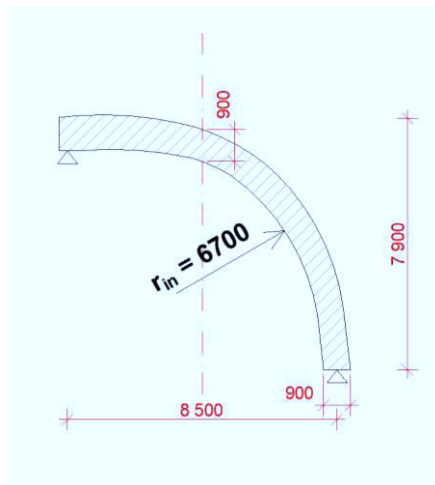
$$w_{fin} = 21,8 \cdot (1,0 + 0,6) + 36,8 + 23,4 = 95,08 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = 95 \text{ mm} \leq \frac{33600}{150 \sim 300} = 112 \text{ mm}$$

→ Vyhovuje

5.3.2. Posouzení vazníku nad stájemi

5.3.2.1. Geometrické schéma



5.3.2.2. Návrhové vnitřní síly

$$V_d = 51,19 \text{ kN}$$

$$M_{\max,d} = M_{\text{ap},d} = 132,42 \text{ kNm}$$

5.3.2.3. Průřezové + materiálové charakteristiky

$$A = 200 \cdot 900 = 180\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,2 \cdot 0,9^3 = 12,15 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} h b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,9 \cdot 0,2^3 = 0,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,2 \cdot 0,9^2 = 27,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} h b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,9 \cdot 0,2^2 = 6,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{900}{\sqrt{12}} = 260 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{240}{\sqrt{12}} = 57,7 \text{ mm}$$

Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva GL24h

- Pevnost v ohybu $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
- Pevnost v tahu
 - Rovnoběžně s vlákny $f_{t,0,k} = 16,5 \text{ MPa}$
 - Kolmo k vláknům $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$
- Pevnost v tlaku
 - Rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$
 - Kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 2,7 \text{ MPa}$
- Pevnost ve smyku $f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti
 - $E_{0,mean} = 11600 \text{ MPa}$
 - $E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$
 - $E_{90,mean} = 390 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti ve smyku $G_{mean} = 720 \text{ MPa}$

$\gamma_M = 1,25$ (dílčí součinitel pro lepené lamelové dřevo)

Třída provozu 2

$k_{mod} = 0,9$

Návrhové pevnosti

Pevnost v ohybu

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

Pevnost v tahu

- Rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

- Kolmo na vlákna

$$f_{t,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{0,4}{1,25} = 0,288 \text{ MPa}$$

Pevnost v tlaku

- Rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

- Kolmo k vláknům

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

Pevnost ve smyku

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

5.3.2.4. Posouzení nosníku na ohyb

$$\sigma_{m,max,d} = \sigma_{m,ap,d} = k_l \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$$

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3 \quad \alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg} 0 + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 0 = 1,0$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,35 - 8 \cdot \operatorname{tg} 0 = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg} 0 - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2 0$$

$$k_3 = 0,6$$

$$k_4 = 6 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 6 \cdot \operatorname{tg}^2 0 = 0$$

$$r = r_{in} + 0,5h_{ap} = 6700 + 0,5 \cdot 900 = 7150 \text{ mm}$$

$$k_l = 1,0 + 0,35 \left(\frac{900}{7150} \right) + 0,60 \left(\frac{900}{7150} \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{900}{7150} \right)^3 = 1,05$$

$$\sigma_{m,ap,d} = k_l \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 1,05 \cdot \frac{6 \cdot 134,42 \cdot 10^6}{200 \cdot 900^2} = 5,2 \text{ MPa}$$

$$\text{Pro } \frac{r_{in}}{t} = \frac{6700}{40} = 167,5 < 240$$

$$k_r = 0,76 + 0,001 \frac{r_{in}}{t} = 0,76 + 0,001 \frac{6700}{40} = 0,93$$

$$\frac{\sigma_{m,ap,d}}{k_r f_{m,g,d}} = \frac{5,2}{0,93 \cdot 17,28} = 0,32 < 1,0$$

→ **Vazník na ohyb vyhovuje**

Využití průřezu je $\approx 32\%$

5.3.2.5. Posouzení nosníku na tah kolmo k vláknům

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \cdot \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$$

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 \dots \alpha_{ap} = 0^\circ$$

$$k_5 = 0,2 \cdot tg \alpha_{ap} = 0,2 \cdot tg 0 = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \cdot tg \alpha_{ap} + 2,6 \cdot tg^2 \alpha_{ap} = 0,25 - 1,5 \cdot tg 0 + 2,6 \cdot tg^2 0$$

$$k_6 = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 \cdot tg \alpha_{ap} - 4tg^2 \alpha_{pa} = 2,1 \cdot tg 0 - 4tg^2 0 = 0$$

$$k_p = 0 + 0,25 \left(\frac{900}{7150} \right) + 0 \left(\frac{900}{7150} \right)^2 = 0,031$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p \cdot \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} = 0,031 \cdot \frac{6 \cdot 134,42 \cdot 10^6}{200 \cdot 900^2} = 0,154 \text{ MPa}$$

Pro referenční objem $V_0 = 0,01 \text{ m}^3$ a objem vrcholové oblasti V

$$V = \frac{\beta\pi}{180} \cdot b(h_{ap}^2 + 2 \cdot r_{in} \cdot h_{ap}) =$$

$$= \frac{26 \cdot \pi}{180} \cdot 0,2(0,90^2 + 2 \cdot 6,7 \cdot 0,90) = 1,17m^3$$

Součinitel objemu

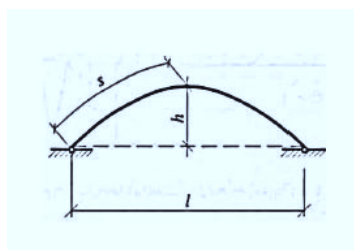
$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{1,17}\right)^{0,2} = 0,39$$

$k_{dis} = 1,4$ (pro zakřivené nosníky)

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis}k_{vol}f_{t,90,g,d}} = \frac{0,154}{1,4 \cdot 0,39 \cdot 0,288} = 0,98 \geq 1,0$$

→ Vazník na tah kolmo k vláknům vyhovuje

Využití průřezu 98%



5.3.2.6. Posouzení na vzpěr a klopení

Ověření vzpěru

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_r \cdot f_{m,d}} \leq 1,0$$

Ověření klopení

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}}\right)^2 \leq 1,0$$

V rovině vazníku

Délka v polovině střednice vazníku

$$L_y = 5,8 \text{ m}$$

Součinitel vzpěrné délky

$$\beta = 1,25$$

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L_c = 1,25 \cdot 5,8 = 7,25 \text{ m}$$

Kritická štíhlost

$$\lambda = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{7,25}{260} = 0,028$$

$$\lambda_y = 28,0 \rightarrow \text{kritická štíhlost}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{118,33}} = 0,450$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} = \pi^2 \cdot \frac{9400}{28^2} = 118,33 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W} = \frac{134,42}{0,027} = 5,0 \text{ MPa}$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\beta_c = 0,1 \rightarrow \text{pro lepené lamelové dřevo}$$

$$\begin{aligned} k &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,450 - 0,3) + 0,450^2] = 0,609 \end{aligned}$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,609 + \sqrt{0,609^2 - 0,450^2}} = 0,981$$

$$\text{- Návrhová osová síla } N_{Ed} = 182 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{182 \cdot 10^3}{180000} = 1,01$$

$$\frac{1,01}{0,981 \cdot 17,28} + \frac{5,0}{1,0 \cdot 17,28} = 0,35 \leq 1,0$$

→ Vyhovuje

→ Využití průřezu 35%

Z roviny vazníku

$$L_{cr,z} = 3900 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3900}{57,7} = 67,6 \gg \lambda_y = 28,0$$

Poměrná štíhlost pro ohyb

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{110}} = 0,47$$

Kritické napětí v ohybu

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y}$$

$$E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$$

$$I_z = \frac{1}{12} h b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,9 \cdot 0,2^3 = 0,0006 \text{ m}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,2 \cdot 0,9^2 = 0,027 \text{ m}^3$$

$$l_{ef} = 3,9 \cdot 0,9 = 3,51\text{m}$$

$$G_{0,05} = 720 \text{ MPa}$$

$$I_{tor} = 0,0027 \text{ m}^4$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{9400 \cdot 0,0006 \cdot 720 \cdot 0,0027}}{3,51 \cdot 0,027} = 110 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{182 \cdot 10^3}{180000} = 1,01$$

Součinitel klopení

$$k_{crit} = 1,0$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{67,6}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9400}} = 1,09$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,13$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,13 + \sqrt{1,13^2 - 1,09^2}} = 0,7$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\frac{1,01}{0,7 \cdot 17,28} + \left(\frac{5,0}{1 \cdot 17,28} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,2 \leq 1,0$$

→ Vyhovuje

5.3.2.7. Posouzení nosníku na kombinaci vzpěru s ohybem- z roviny vazníku

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} k_r \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{182 \cdot 10^3}{180000} = 1,01$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,609 + \sqrt{0,609^2 - 0,450^2}} = 0,981$$

$$k_r = 0,76 + 0,001 \frac{r_{in}}{t} = 0,76 + 0,001 \frac{6700}{40} = 0,93$$

$$\frac{1,01}{0,981 \cdot 17,28} + \frac{5,0}{17,28} 0,93 = 0,35 \leq 1,0$$

→ Vazník na kombinaci vzpěru s ohybem vyhovuje

→ Využití průřezu 35%

5.3.2.8. Posouzení na smyk

Napětí ve smyku musí vyhovovat podmínce:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

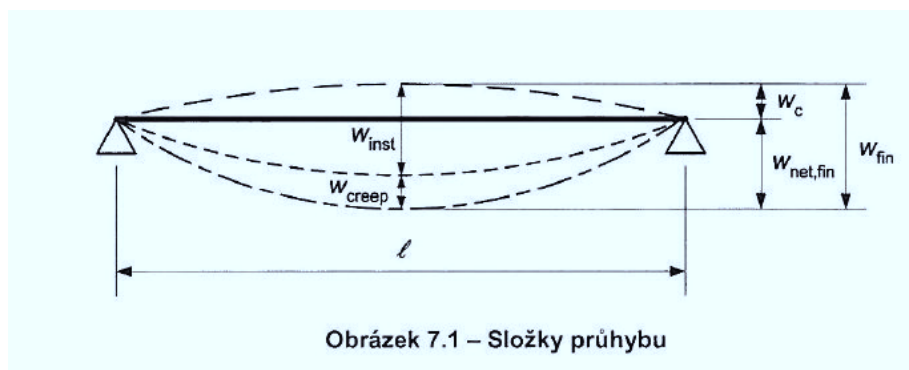
$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_z}{2 \cdot b h} = \frac{3 \cdot 51,19}{2 \cdot 0,2 \cdot 0,9} = 0,427 \text{ MPa}$$

$$V_z = 51,19 \text{ kN}$$

$$\tau_{v,d} = 0,427 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 1,94 \text{ MPa}$$

→ Vyhovuje

5.3.2.9. Posouzení na MSP - průhyb



Délka střednice

$$L = 13,3 \text{ m}$$

Počáteční deformace

$$w_{inst} \leq \frac{L}{300 \sim 500}$$

$$w_{inst} = w_{inst,g} + w_{inst,s} + w_{inst,w}$$

$$w_{inst,g} = 1,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst,s} = 5,5 \text{ mm}$$

$$w_{inst,w} = 4,5 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = 1,8 + 5,5 + 4,5 = 11,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst} = 11,8 \text{ mm} \leq \frac{13300}{500} = 27 \text{ mm}$$

→ vyhovuje

Konečná deformace

$$w_{fin} \leq \frac{L}{150 \sim 300}$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$w_{fin} = w_{inst,g} \cdot (1,0 + 0,6) + w_{inst,s} + w_{inst,w}$$

$$w_{fin} = 1,8 \cdot (1,0 + 0,6) + 5,5 + 4,5 = 13 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = 13 \text{ mm} \leq \frac{13300}{150 \sim 300} = 44 \text{ mm}$$

→ Vyhovuje

6. Kotevní spoje

6.1. Posouzení přípoje vazníku na ŽB patku – ložisko v podpoře vazníku

Vazníky jsou ke sloupům připojeny kloubově prostřednictvím čepového spoje

6.1.1. Čepový spoj

6.1.1.1. Vnitřní síly

$$V_z = 227,12 \text{ kN}$$

$$N = 254,23 \text{ kN}$$

Rozložení normálové síly

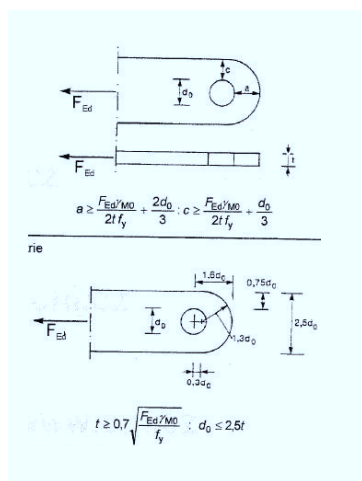
$$\text{Vodorovná složka } R_{x1} = 254,23 \cdot \cos(17^\circ) = 243,12 \text{ kN}$$

$$\text{Svislá složka } R_{z1} = 254,23 \cdot \sin(17^\circ) = 74,3 \text{ kN}$$

Rozložení posouvající síly

$$\text{Vodorovná složka } R_{x2} = 227,12 \cdot \sin(17^\circ) = 66,52 \text{ kN}$$

$$\text{Svislá složka } R_{z2} = 227,12 \cdot \cos(17^\circ) = 217,2 \text{ kN}$$

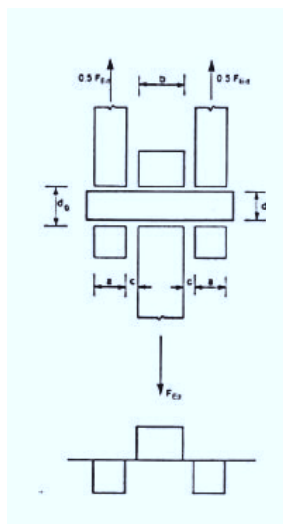


$$R_x = 243,12 + 66,52 = 309,64 \text{ kN}$$

$$R_z = 74,3 + 217,2 = 291,5 \text{ kN}$$

Výslednice reakcí na čep

$$F_{vEd} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{309,64^2 + 291,5^2} = 425,3 \text{ kN}$$



6.1.1.2. Návrh čepového spoje

Ocel S355

Mez kluzu oceli

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

Pevnost oceli v tahu

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,0$$

Nutná tloušťka

$$t \geq 0,7 \sqrt{\frac{F_{Ed} \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,7 \sqrt{\frac{425,3 \cdot 1,0}{355 \cdot 10^3}} = 24,2 \text{ mm}$$

→ navrženo $t = 25 \text{ mm}$

$$d_0 \leq 2,5t = 2,5 \cdot 25 = 62,5 \text{ mm}$$

→ navrženo $d_0 = 60 \text{ mm}$

$$a \geq \frac{F_{Ed} \lambda_{M0}}{2t f_y} + \frac{2d_0}{3} = \frac{425,3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,025 \cdot 355 \cdot 10^3} + \frac{2 \cdot 0,06}{3} = 64 \text{ mm}$$

→ navrženo $a = 65 \text{ mm}$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \lambda_{M0}}{2t f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{425,3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,025 \cdot 355 \cdot 10^3} + \frac{0,06}{3} = 44 \text{ mm}$$

→ navrženo $c = 120 \text{ mm}$

6.1.1.3. Posouzení na únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,06^2}{4} \cdot 510 \cdot 10^3}{1,25} = 1384,3 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 425,3 \text{ kN}$$

→ Vyhovuje

6.1.1.4. Posouzení na únosnost čepu v ohybu

$$M_{Ed} = \frac{F_{v,Ed}}{8} (0,025 + 4 \cdot 0,001 + 2 \cdot 0,025) = 3,005 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{0,8 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,8 \cdot \frac{\pi \cdot 60^3}{32} \cdot 355}{1,0} = 6,022 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 3,005 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 6,022 \text{ kNm}$$

→ Vyhovuje

6.1.1.5. Posouzení kombinace střihu a ohybu

$$\left[\frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$$

$$\left[\frac{3,005}{6,022} \right]^2 + \left[\frac{425,3}{1384,3} \right]^2 = 0,343 \leq 1,0$$

→ Vyhovuje

6.1.1.6. Posouzení plechu a čepu v otláčení

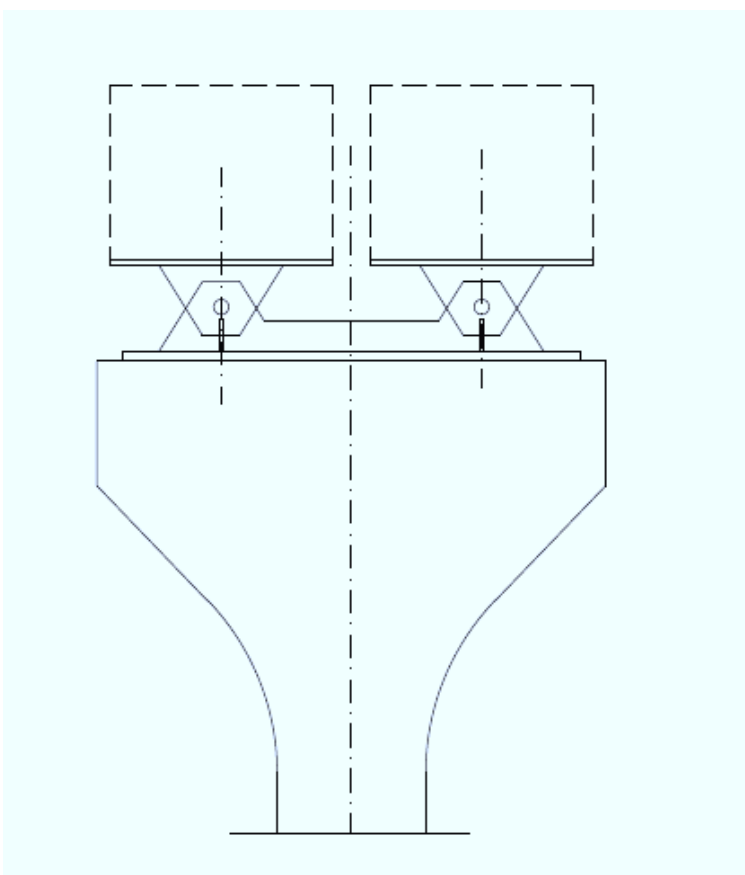
$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot dt f_y}{\lambda_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 60 \cdot 25 \cdot 355}{1,0} = 798,8 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 798,8 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 425,3 \text{ kN}$$

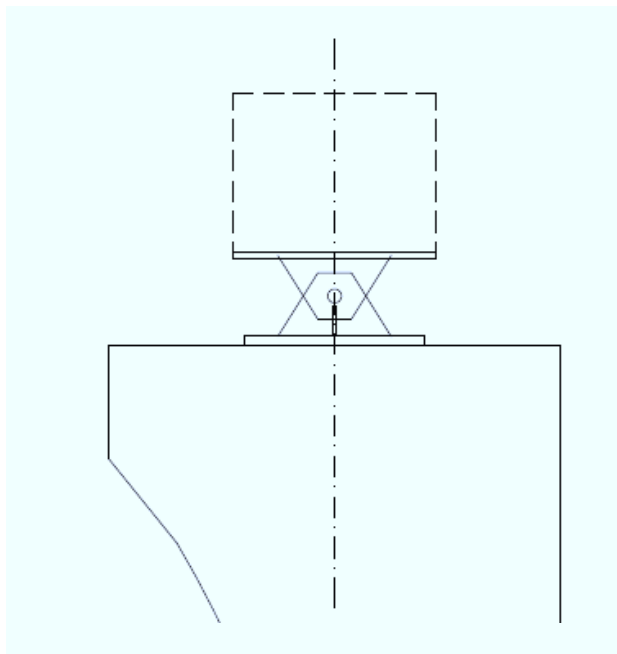
→ Vyhovuje

Ložisko na středním sloupu

Na prostředních sloupech, kde jsou uloženy vazníky z obou částí zastřešení, je ložisko řešeno spojeným kotevním přípravkem, který přenáší zatížení rovnoměrně do sloupu.

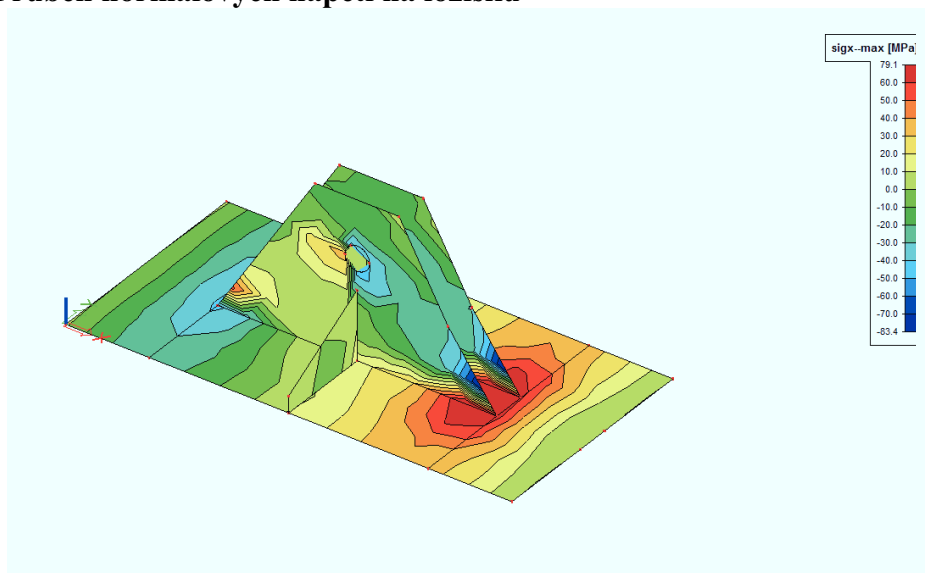


Ložisko na krajním sloupu

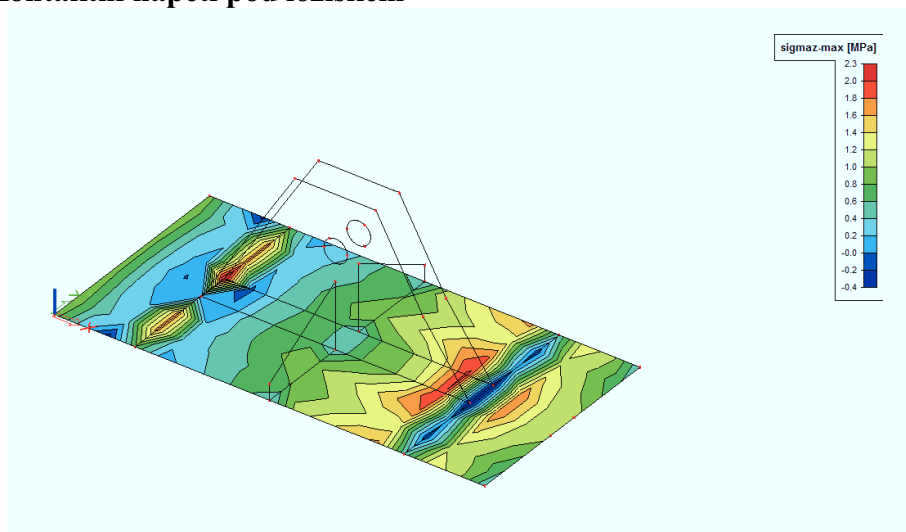


Ložisko alt. 1

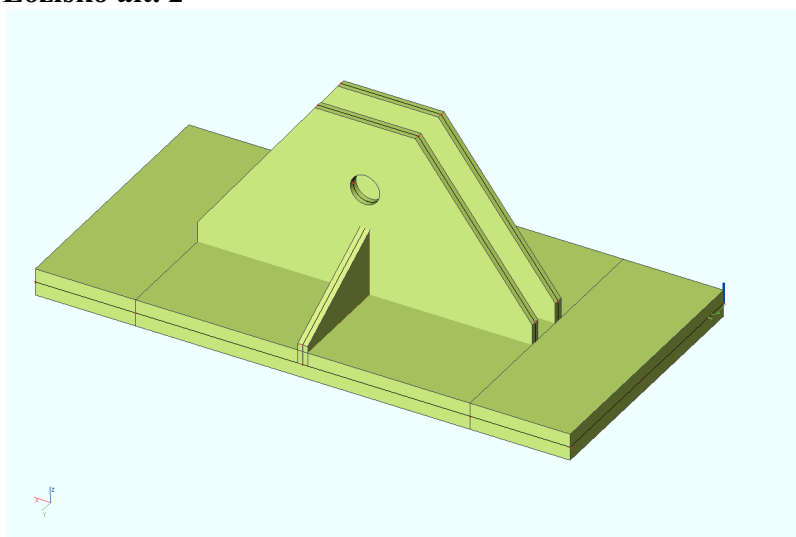
Průběh normálových napětí na ložisku



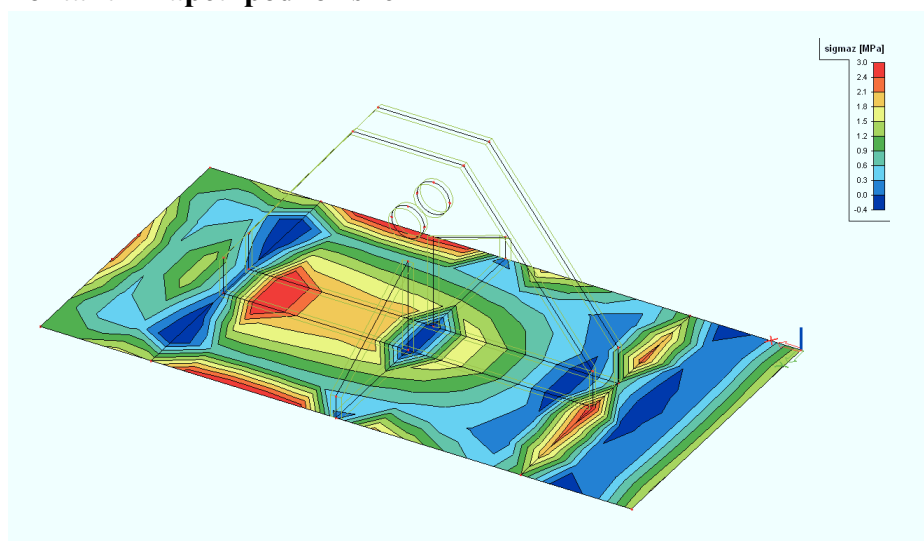
Kontaktní napětí pod ložiskem



Ložisko alt. 2

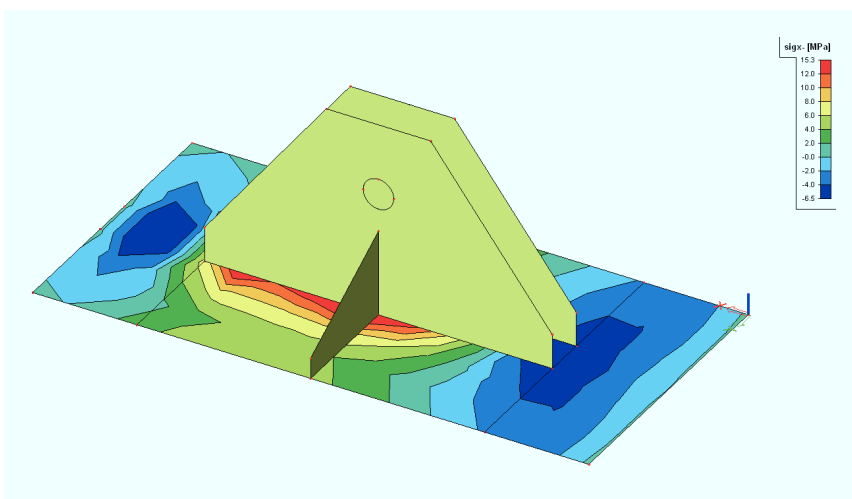
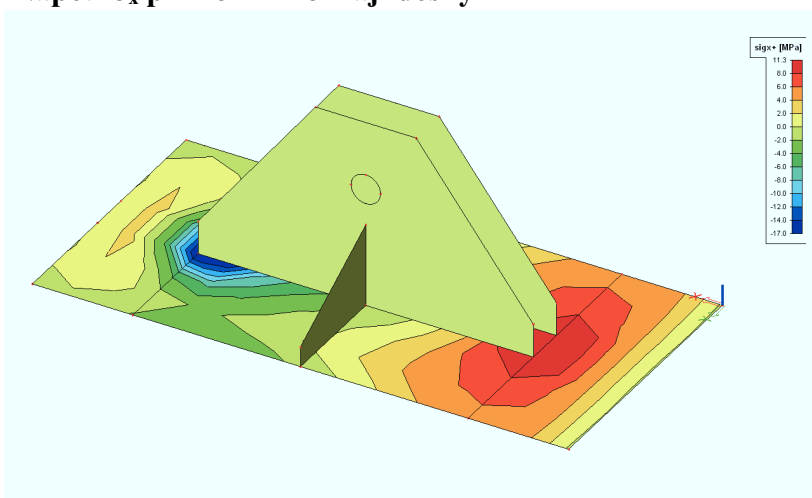


Kontaktní napětí pod ložiskem

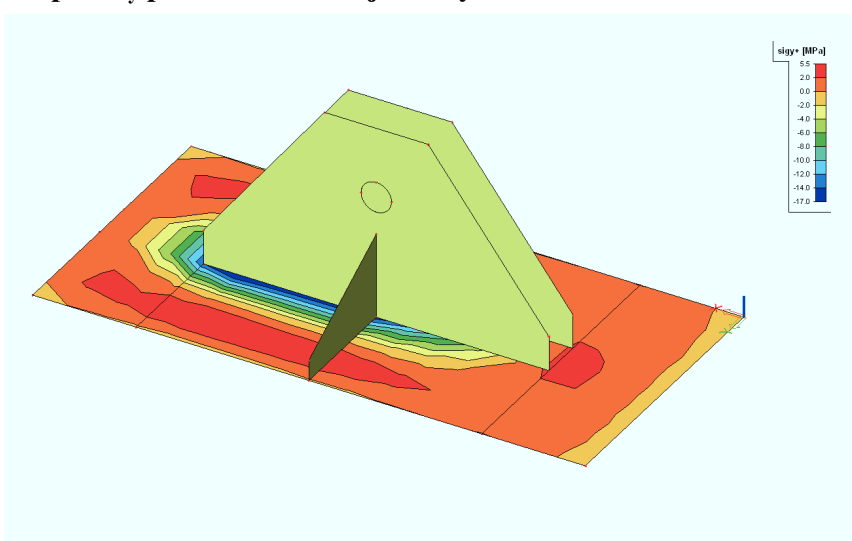


Posouzení patní desky

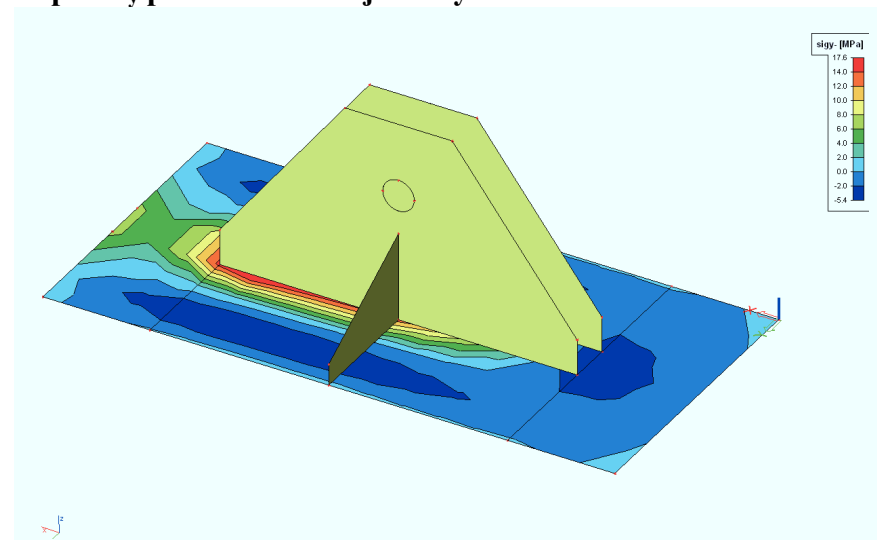
Napětí σ_x při horním okraji desky



Napětí σ_y při horním okraji desky

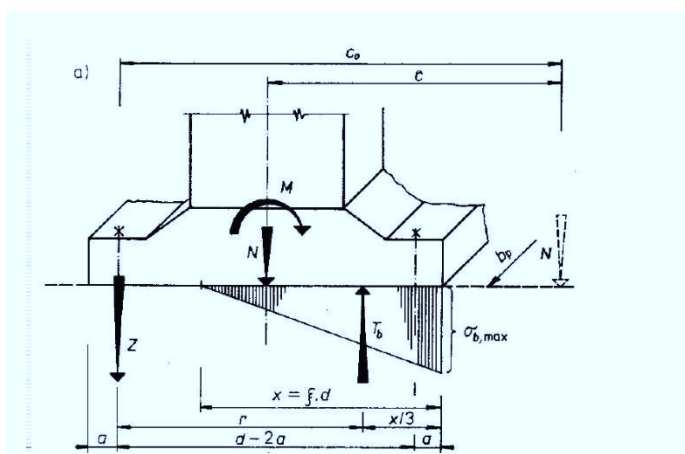


Napětí σ_y při dolním okraji desky



$$\sigma \leq f_y = 355 \text{ MPa}$$

6.2. Namáhání betonu pod ložiskem



6.2.1. Vnitřní síly

$$V_z = 227,12 \text{ kN}$$

$$N = 331 \text{ kN}$$

Rozložení normálové síly

$$\text{Vodorovná složka} \quad R_{x1} = 331 \cdot \cos(17^\circ) = 316,5 \text{ kN}$$

$$\text{Svislá složka} \quad R_{z1} = 331 \cdot \sin(17^\circ) = 96,8 \text{ kN}$$

Rozložení posouvající síly

Vodorovná složka $R_{x2} = 227,12 \cdot \sin(17^\circ) = 66,52 \text{ kN}$

Svislá složka $R_{z2} = 227,12 \cdot \cos(17^\circ) = 217,2 \text{ kN}$

$$R_x = 316,5 + 66,52 = 383 \text{ kN}$$

$$R_z = 96,8 + 217,2 = 314 \text{ kN}$$

$$M = R_x \cdot 0,25 = 383 \cdot 0,25 = 95,8 \text{ kNm}$$

Excentricita normálové síly

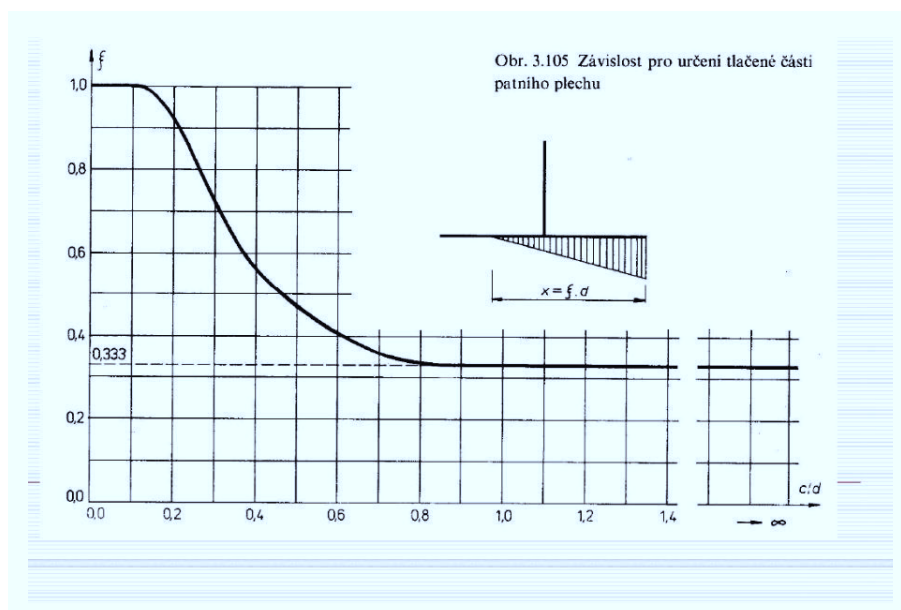
$$e = c = \frac{M}{N} = \frac{95,8}{314} = 0,305$$

6.2.2. Návrh patního plechu

Délka $d_{pp} = 800 \text{ mm}$

Šířka $\check{s}_{pp} = 400 \text{ mm}$

Tloušťka $t_p = 40 \text{ mm}$



$$\frac{c}{d_{pp}} = \frac{0,305}{0,8} = 0,38$$

$$\xi = 0,7$$

$$x = \xi \cdot d = 0,7 \cdot 0,8 = 0,56$$

$$A = 0,1 \text{ m}$$

Z rovnovážné podmínky soustavy sil N , T_b , Z působící na excentricitě c spočítáme:

$$T_b = \frac{N \cdot c_0}{r} = \frac{314 \cdot 0,605}{0,513} = 370,31 \text{ kN}$$

$$c_0 = c + \frac{d_{pp}}{2} - a = 0,305 + \frac{0,8}{2} - 0,1 = 0,605 \text{ m}$$

$$r = d_{pp} - a - \frac{x}{3} = 0,8 - 0,1 - \frac{0,56}{3} = 0,513 \text{ m}$$

$$Z = T_b - N = 370,31 - 314 = 56,3 \text{ kN}$$

Maximální normálové napětí

$$\sigma_{b,max} = \frac{2 \cdot T_b}{x \cdot b_p} = \frac{2 \cdot 370,31}{0,56 \cdot 0,4} = 3,3 \text{ MPa}$$

6.2.3. Posouzení betonu pod ložiskem

→ beton C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa} ; f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

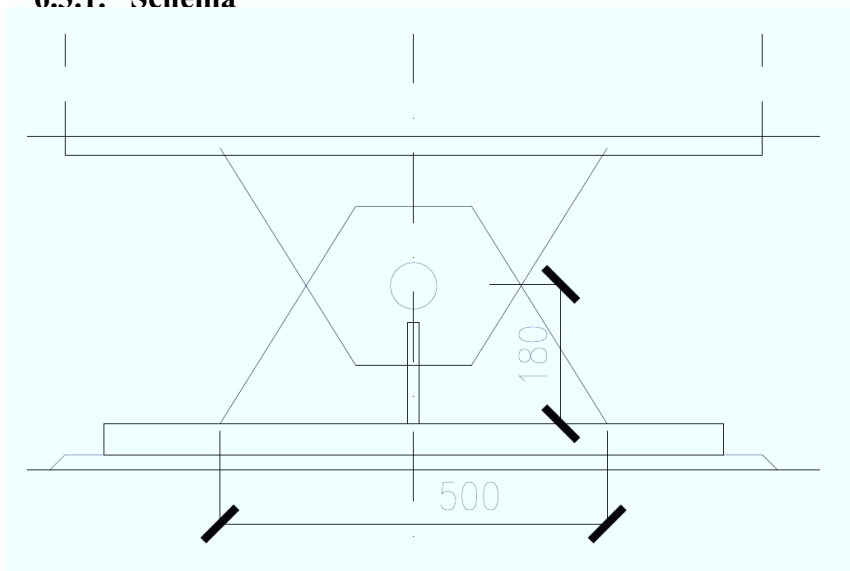
$$\gamma_c = 1,5$$

$$\sigma_{b,max} = 3,3 \text{ MPa} \leq f_{c,d} = 20 \text{ MPa}$$

→ Beton pod ložiskem vyhovuje

6.3. Posouzení svaru – připojení svislých patních plechů čepového spoje k patní desce

6.3.1. Schéma



6.3.2. Vnitřní síly

$$R_x = 320,5 \text{ kN}$$

$$M = 320,5 \cdot 0,18 = 58 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = 320,5/2 = 161,8 \text{ kN}$$

$$I_w = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}25 \cdot 500^3 = 260 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$e = \frac{500 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 500/2}{5000} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Návrh svaru } a = 5 \text{ mm}$$

$$A_w = 5 \cdot 500 \cdot 2 = 5000 \text{ mm}^2$$

Smykové napětí

$$\tau_{II} = \frac{F_{s,d}}{A_w} = \frac{161,8 \cdot 10^3}{5000} = 32,4 \text{ MPa}$$

Napětí od ohybového momentu

$$\sigma_m = \frac{M_{ed} \cdot e}{I_w} = \frac{58 \cdot 0,25}{260 \cdot 10^{-6}} = 55,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_m}{\sqrt{2}} = \frac{55,8}{\sqrt{2}} = 39,5 \text{ MPa}$$

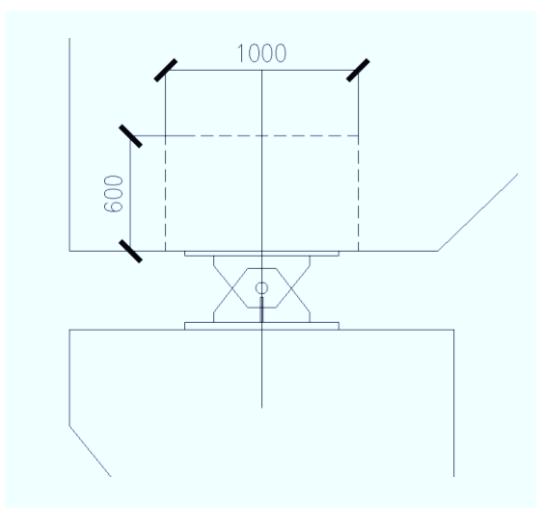
6.3.3. Posouzení svaru

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = 96,9 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,85 \cdot 1,5} = 400 \text{ MPa}$$

→vyhovuje

6.4. Posouzení přípoje dřevěného vazníku k ložisku

6.4.1. Schéma



6.4.2. Vnitřní síly

$$R_{x1} = 254,23 \cdot \cos(17^\circ) = 243,12 \text{ kN}$$

$$R_{x2} = 227,12 \cdot \sin(17^\circ) = 66,52 \text{ kN}$$

$$R_x = 243,12 + 66,52 = 309,64 \text{ kN}$$

6.4.3. Návrh

→ Přípoj pomocí vloženého plechu tloušťky 12 mm a kolíky Ø 24 mm

Normálová síla je na styku patky a ložiska přenášena ocelovým patním plechem

Rozměry patního plechu

$$a = 800 \text{ mm}$$

$$b = 240 \text{ mm}$$

$$A = 192000 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{R_x}{A_c} = \frac{309,64 \cdot 10^3}{192000} = 1,61 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,d} = 1,61 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d} = 1,944 \text{ MPa}$$

→ **vyhovuje**

6.4.4 Posouzení plechu

→ Tloušťka plechu 25 mm

$$W_y = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 800 \cdot 25^2 = 83333 \text{ mm}^3$$

$$M_y = \frac{N}{2} \cdot \frac{114}{2} \cdot \frac{12}{2} = \frac{309,64}{2} \cdot \left(\frac{0,114}{2} + \frac{0,012}{2} \right) = 9,75 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{9,75 \cdot 10^3}{83333} = 117 \text{ MPa} \leq f_{yd} = 355 \text{ MPa}$$

→ **Vyhovuje**

6.4.5. Posouzení smykového napětí

$$V_y = 68,9 \text{ kN}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 V_y}{2 b h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{68,9}{0,24 \cdot 1} = 0,43 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 0,43 \text{ MPa} \leq f_{v,g,d} = 1,944 \text{ MPa}$$

→ Vyhovuje

6.4.6. Návrh ocelových kolíků

→ kolíky Ø 24 mm, S355, $f_u = 600 \text{ MPa}$

Pevnost dřeva v otláčení stěny otvoru

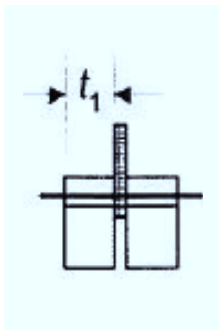
$$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3 \text{ (pro dřevo GL24h)}$$

- Pro předvrtané otvory

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 380 = 23,6 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti jednoho kolíku

$$M_{y,k} = 0,3f_{u,k}d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 24^{2,6} = 698 \text{ kNm}$$



→ Charakteristická únosnost kolíku pro ocelovou desku libovolné tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k,1} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k,1} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{2 \cdot M_{y,k} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{h,k} t_1 d \end{array} \right.$$

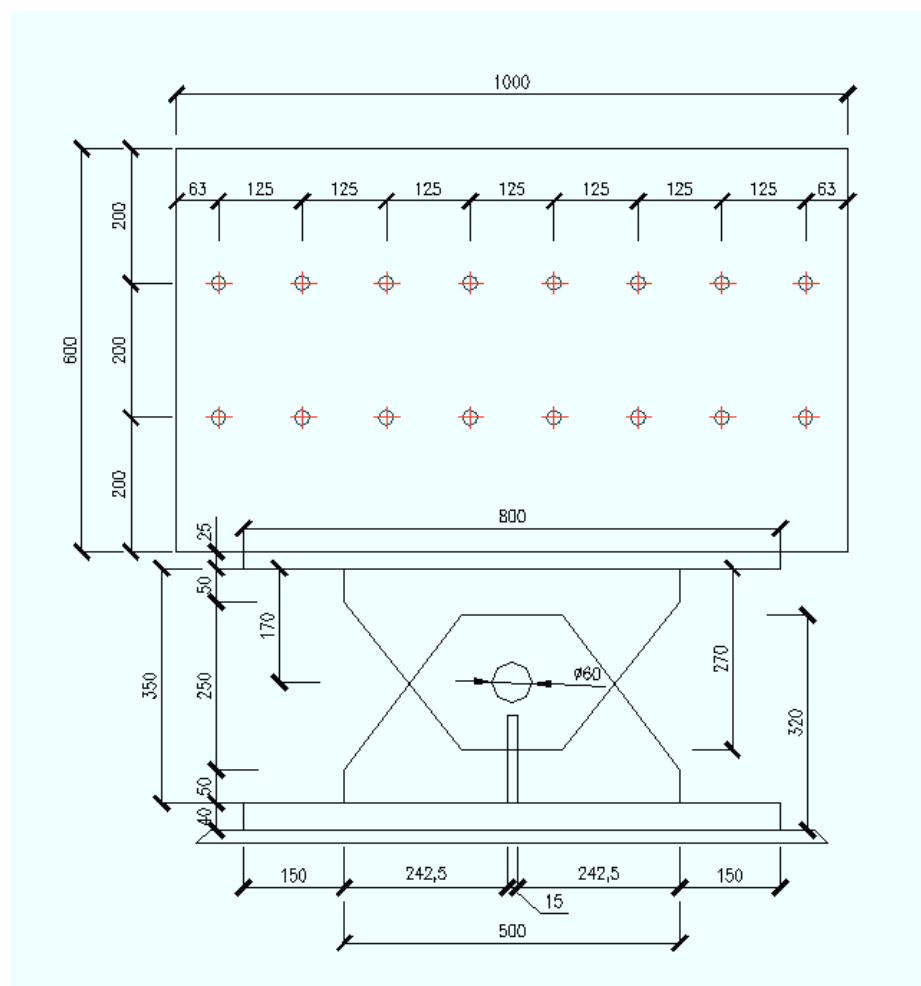
$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 23,6 \cdot 114 \cdot 24 \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 698 \cdot 10^3}{23,6 \cdot 24 \cdot 114^2}} - 1 \right] + 0 \\ 2,3 \sqrt{2 \cdot 698 \cdot 10^3 \cdot 23,6 \cdot 24} + 0 \\ 23,6 \cdot 114 \cdot 24 \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 75,8 \text{ kN} \\ 64,7 \text{ kN} \\ 64,6 \text{ kN} \end{cases}$$

$$F_{v,Rd,1} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{64,6}{1,3} = 44,7 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd,1} = 2 \cdot 44,7 = 89,4 \text{ kN}$$

→ Návrh 16 x Ø24 mm

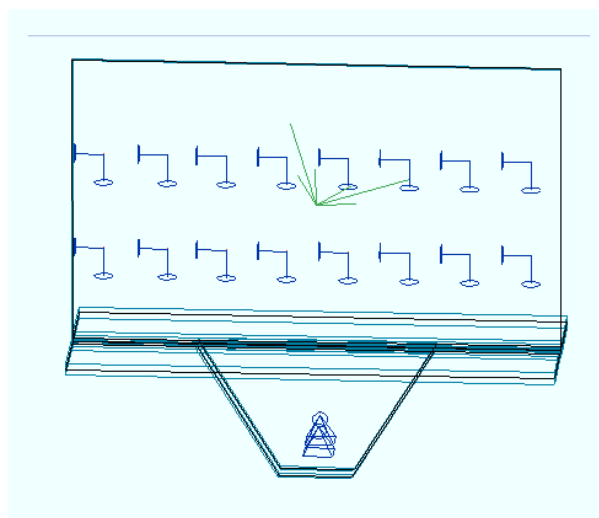


6.4.7. Posouzení

→ Model z výpočetního programu Scia Engineer

→ Vstupující zatěžovací síly

- $V_z = 230 \text{ kN}$
- $N = 255 \text{ kN}$



Rozložení normálové síly

Vodorovná složka $R_{x1} = 254,23 \cdot \cos(17^\circ) = 243,12 \text{ kN}$

Svislá složka $R_{z1} = 254,23 \cdot \sin(17^\circ) = 74,3 \text{ kN}$

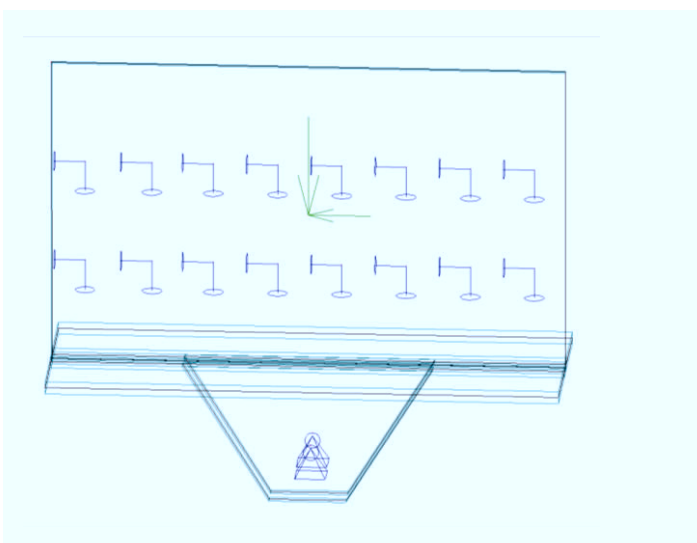
Rozložení posouvající síly

Vodorovná složka $R_{x2} = 227,12 \cdot \sin(17^\circ) = 66,52 \text{ kN}$

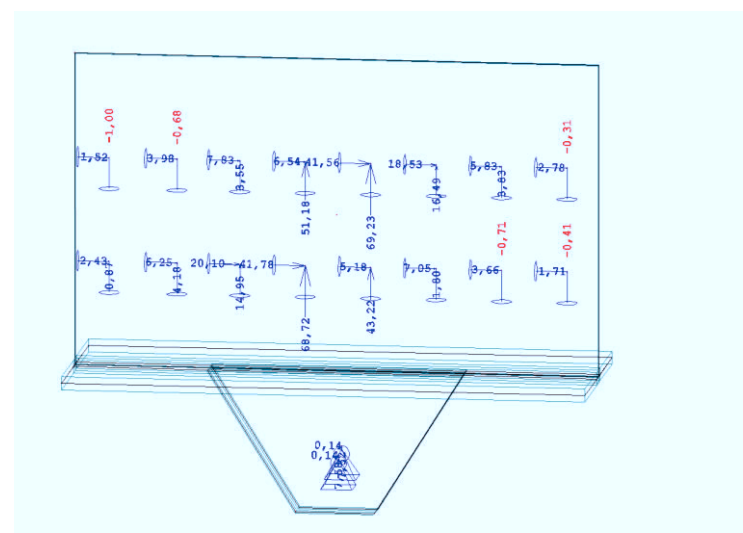
Svislá složka $R_{z2} = 227,12 \cdot \cos(17^\circ) = 217,2 \text{ kN}$

$$R_x = 243,12 - 66,52 = 177 \text{ kN}$$

$$R_z = 74,3 + 217,2 = 290,0 \text{ kN}$$



→ Výsledné reakce



$$F_{Ed} = \sqrt{42^2 + 70^2} = 81,6 \text{ kN}$$

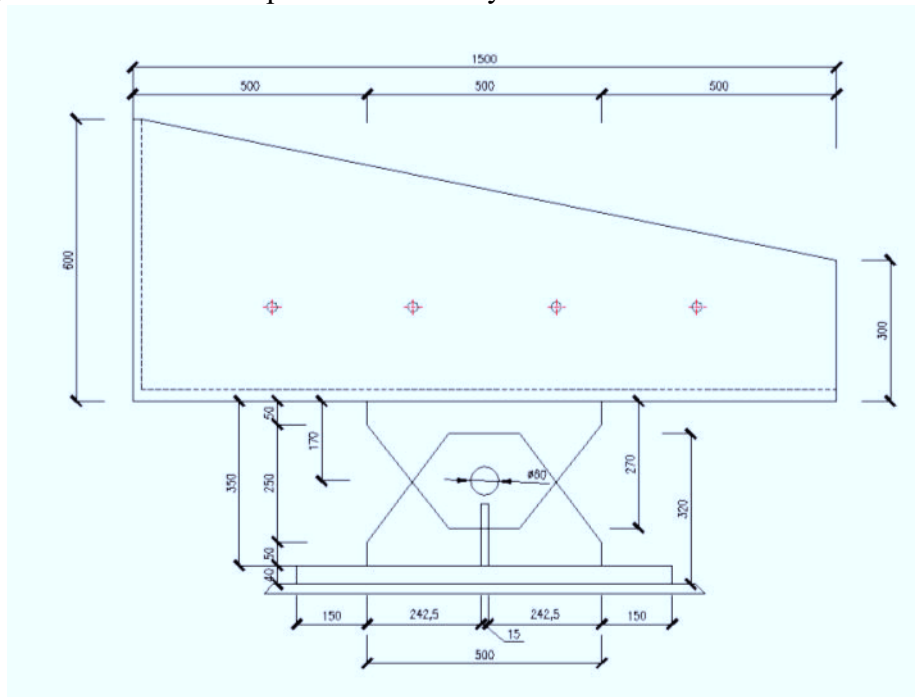
$$F_{Ed} = 81,6 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 89,4 \text{ kN}$$

→ **vyhovuje**

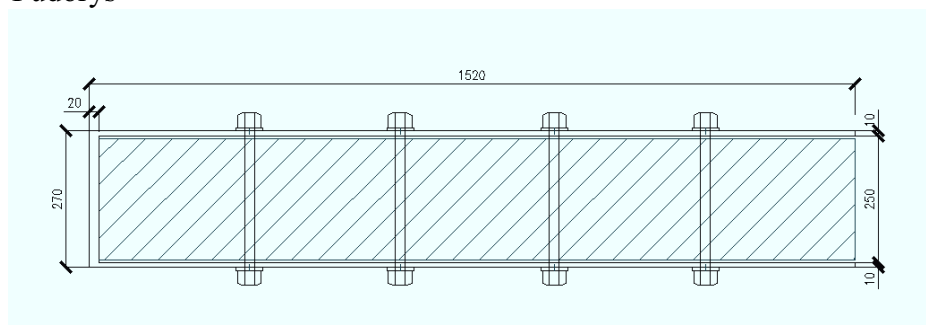
6.5. Alternativa přípoje dřevěného vazníku k ložisku

6.5.6. Schéma

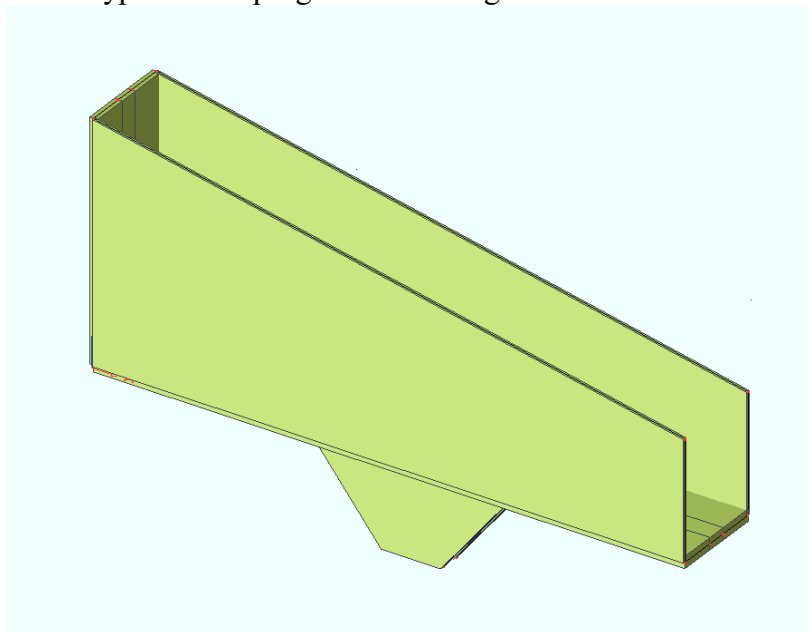
„Nasazení ocelového profilu na dřevěný vazník“



Půdorys



→ Model z výpočetního programu Scia Engineer



6.5.7. Vnitřní síly

Rozložení normálové síly

Vodorovná složka $R_{x1} = 331 \cdot \cos(17^\circ) = 316,5 \text{ kN}$

Svislá složka $R_{z1} = 331 \cdot \sin(17^\circ) = 96,8 \text{ kN}$

Rozložení posouvající síly

Vodorovná složka $R_{x2} = 227,12 \cdot \sin(17^\circ) = 66,52 \text{ kN}$

Svislá složka $R_{z2} = 227,12 \cdot \cos(17^\circ) = 217,2 \text{ kN}$

$$R_x = 316,5 - 66,52 = 250 \text{ kN}$$

$$R_z = 96,8 + 217,2 = 314 \text{ kN}$$

→ Plošné zatížení

Rozměry spodní desky 240 x 1500 mm

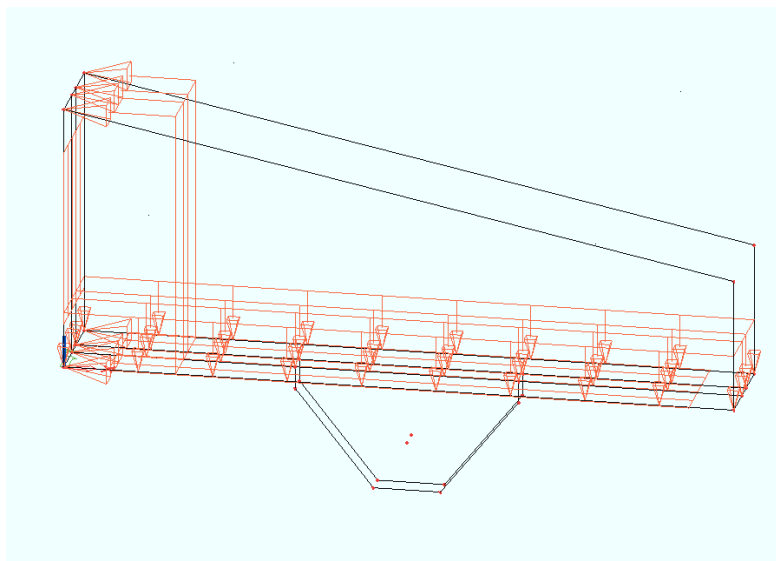
$$A = 0,24 \cdot 1,5 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$\frac{R_z}{A} = \frac{314}{0,36} = 873 \text{ kN/m}^2$$

Rozměry boční desky 240 x 600 mm

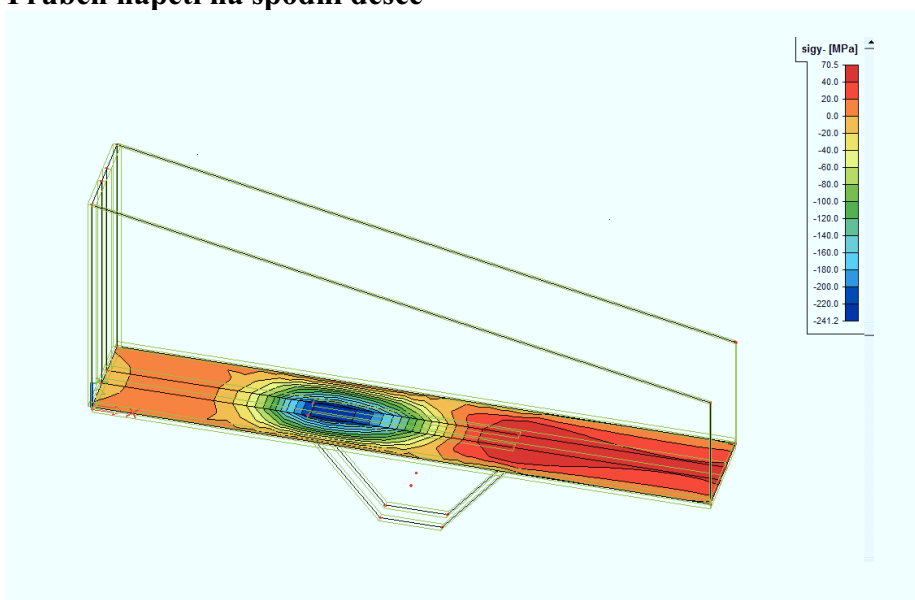
$$A = 0,24 \cdot 0,6 = 0,144 \text{ m}^2$$

$$\frac{R_x}{A} = \frac{250}{0,144} = 1736 \text{ kN/m}^2$$



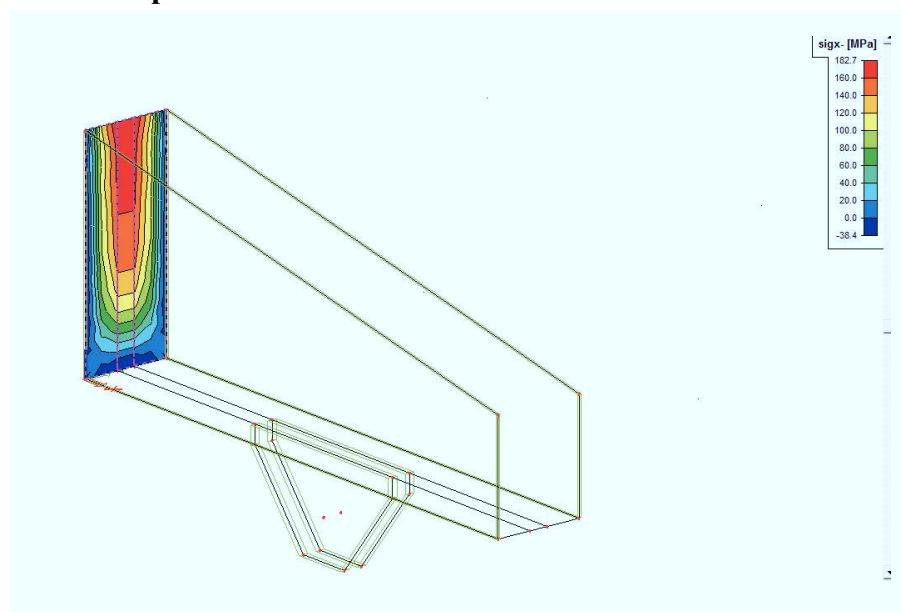
6.5.8. Posouzení

Průběh napětí na spodní desce



$$\sigma = 241 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa}$$

Průběh napětí na boční desce

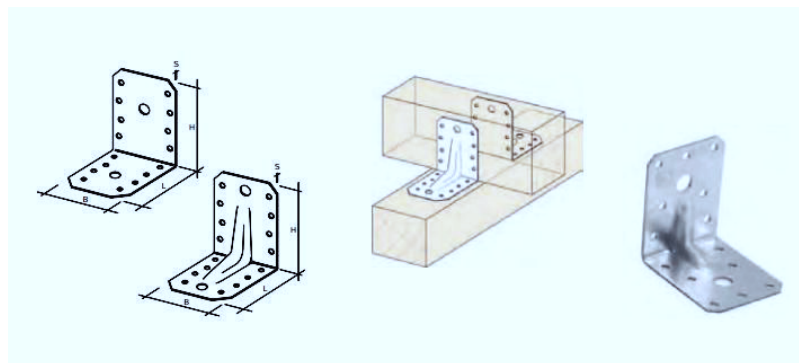


$$\sigma = 183 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa}$$

6.6. Připojení vaznice k vazníku

- Připojení pomocí úhelníků od firmy BeA

6.6.6. Schéma



6.6.7. Vnitřní síly

$$F_{Ed} = 34,3 \text{ kN}$$

6.6.8. Návrh

Rozměry (H x L x S x B)	Počet otvorů Ø 5 / Ø 11 mm	Hmotnost 1 kusu	Kusů v balení	Objednací číslo
70 x 70 x 2 x 55 bez prolisu	14 / 2	0,120	100	17400356
70 x 70 x 2 x 55 s prolisem	14 / 2	0,120	50	17400355
70 x 70 x 2,5 x 55 bez prolisu	14 / 2	0,136	50	17400234
70 x 70 x 2,5 x 55 s prolisem	14 / 2	0,136	50	17400233
90 x 90 x 2,5 x 65 bez prolisu	18 / 2	0,200	50	17400218
90 x 90 x 2,5 x 65 s prolisem	16 / 2	0,200	50	17400394
105 x 105 x 3,0 x 90 bez prolisu	26 / 6	0,400	50	17400220
105 x 105 x 3,0 x 90 s prolisem	22 / 4	0,400	50	17400395

→ Zvolen rozměr 90 x 90 x 2,5 x 65 (bez prolisu)

Dřevo

Vaznice – C24, $\rho_{k,C24} = 350 \text{ kg/m}^3$

Vazník – GL24h, $\rho_{k,GL24h} = 380 \text{ kg/m}^3$

Navržené spojovací prostředky

Kotvící hřebíky Ø 4 mm, délky 60 mm

Vruty Ø 10 mm, délky 60 mm

$$\gamma_M = 1,3$$

6.6.4. Posouzení na stříh – C24

Posouzení hřebíků

$$t = 2,5 \geq 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ mm}$$

$$t = 2,5 \leq d = 4 \text{ mm}$$

→ Musíme interpolovat mezi tlustou a tenkou deskou

Pevnost v otláčení stěny otvoru

- Pro nepředvrtané dřevěné prvky

$$f_{h,1,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} = 0,082 \cdot 350 \cdot 4^{-0,3} = 18,93 \text{ MPa}$$

Moment kluzu

- Hřebíky s kruhovým průřezem

$$M_{y,k} = 0,3 f_u d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 4^{2,6} = 5624 \text{ Nmm}$$

$F_{ax,Rk}$ = Charakteristická hodnota hřebíku na vytažení

Charakteristická únosnost hřebíků

Tenká deska

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 f_{h,2,k} t_2 d}{1,15 \sqrt{2 M_{yRk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 18,93 \cdot 57,5 \cdot 4}{1,15 \sqrt{2 \cdot 5624 \cdot 18,93 \cdot 4} + 0} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 2,18 \text{ kN} \\ 1,06 \text{ kN} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk1} = 1,06 \text{ kN}$$

Tlustá deska

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 f_{h,2,k} t_2 d}{2,3 \sqrt{M_{yRk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 18,93 \cdot 57,5 \cdot 4}{2,3 \sqrt{5624 \cdot 18,93 \cdot 4} + 0} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 2,18 \text{ kN} \\ 1,5 \text{ kN} \end{cases}$$

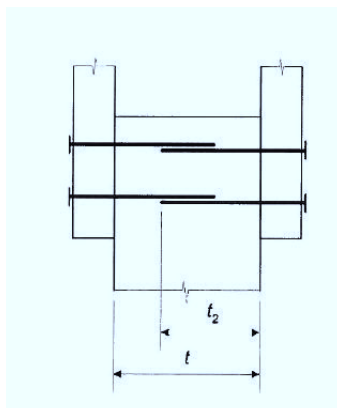
$$F_{v,Rk2} = 1,5 \text{ kN}$$

→ Po interpolaci

$$F_{v,Rk} = 1,2 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,hřebík} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{1,2}{1,3} = 0,831 \text{ kN}$$

$$R_{a,d,1} = 18 \cdot 0,831 = 15 \text{ kN}$$



Posouzení vrutů

$$t = 2,5 \leq 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ mm}$$

→ posuzujeme pro tenkou desku

$$t_2 = 57,5 \text{ mm}$$

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 10) \cdot 350 \\ = 25,83 \text{ MPa}$$

$$M_{y,k} = 0,8f_{u,k} \frac{d^3}{6} = 0,8 \cdot 510 \cdot \frac{10^3}{6} = 68000 \text{ Nmm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5f_{h,2,k}t_2d}{1,15\sqrt{2M_{y,Rk}f_{h,2,k}d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 25,83 \cdot 57,5 \cdot 10}{1,15\sqrt{2 \cdot 68000 \cdot 25,83 \cdot 10} + 0} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 7,4 \text{ kN} \\ 6,8 \text{ kN} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = 6,8 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,vrut} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{6,8}{1,3} = 4,7 \text{ kN}$$

$$R_{a,d,2} = 2 \cdot 4,7 = 9,4 \text{ kN}$$

$$R_{ad} = R_{a,d,1} + R_{a,d,2} = 15 + 9,4 = 24,4 \text{ kN}$$

$$R_{a,d} = 24,4 \text{ kN} \geq \frac{R_{Ed}}{2} = \frac{34,3}{2} = 17,15 \text{ kN}$$

→ **vyhovuje**

6.6.5. Posouzení na stříh – GL24h

Posouzení hřebíků

$$t = 2,5 \geq 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ mm}$$

$$t = 2,5 \leq d = 4 \text{ mm}$$

→ Musíme interpolovat mezi tlustou a tenkou deskou

Pevnost v otlačení stěny otvoru

- Pro nepředvrtané dřevěné prvky

$$f_{h,1,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} = 0,082 \cdot 380 \cdot 4^{-0,3} = 20,6 \text{ MPa}$$

Moment kluzu

- Hřebíky s kruhovým průřezem

$$M_{y,k} = 0,3 f_u d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 4^{2,6} = 5624 \text{ Nmm}$$

Charakteristická únosnost hřebíků

Tenká deska

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 f_{h,2,k} t_2 d}{1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,2,k} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4}}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 20,6 \cdot 57,5 \cdot 4}{1,15 \sqrt{2 \cdot 5624 \cdot 20,6 \cdot 4 + 0}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 2,4 \text{ kN} \\ 1,1 \text{ kN} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk1} = 1,1 \text{ kN}$$

Tlustá deska

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 f_{h,2,k} t_2 d}{2,3 \sqrt{M_{yRk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 20,6 \cdot 57,5 \cdot 4}{2,3 \sqrt{5624 \cdot 20,6 \cdot 4} + 0} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 2,4 \text{ kN} \\ 1,6 \text{ kN} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk2} = 1,6 \text{ kN}$$

→ Po interpolaci

$$F_{v,Rk} = 1,3 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,hřebík} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{1,3}{1,3} = 0,9 \text{ kN}$$

$$R_{a,d,1} = 18 \cdot 0,9 = 16 \text{ kN}$$

Posouzení vrutů

$$t = 2,5 \leq 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ mm}$$

→ posuzujeme pro tenkou desku

$$t_2 = 57,5 \text{ mm}$$

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 10) \cdot 380 = 28,0 \text{ MPa}$$

$$M_{y,k} = 0,8 f_{u,k} \frac{d^3}{6} = 0,8 \cdot 510 \cdot \frac{10^3}{6} = 68000 \text{ Nmm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 f_{h,2,k} t_2 d}{1,15 \sqrt{2 M_{yRk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 28 \cdot 57,5 \cdot 10}{1,15 \sqrt{2 \cdot 68000 \cdot 28 \cdot 10} + 0} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 8,05 \text{ kN} \\ 7,1 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 7,1 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,vrut} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{7,1}{1,3} = 4,9 \text{ kN}$$

$$R_{a,d,2} = 2 \cdot 4,9 = 9,8 \text{ kN}$$

$$R_{ad} = R_{a,d,1} + R_{a,d,2} = 16 + 9,8 = 25,8 \text{ kN}$$

$$R_{a,d} = 25,8 \text{ kN} \geq \frac{R_{Ed}}{2} = \frac{34,3}{2} = 17,15 \text{ kN}$$

→ **vyhovuje**

7. Návrh nosné konstrukce fasády štítové stěny

Fasáda štítové stěny bude tvořena strukturálním zasklením, které bude ukotvené do dřevěných sloupků a paždíků.

7.1. Výpočet zatížení

7.1.1. Zatížení stálé

→ Stálé zatížení tvoří strukturální zasklení, které je ukotvené do paždíků

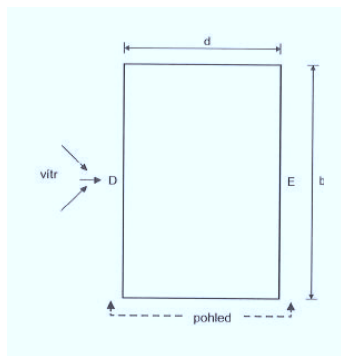
 Tloušťka skla 28 mm

Objemová hmotnost skla $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

$$g = 0,028 \cdot 25 = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

7.1.2. Nahodilé zatížení

Nahodilé zatížení je tvořeno zatížením větrem

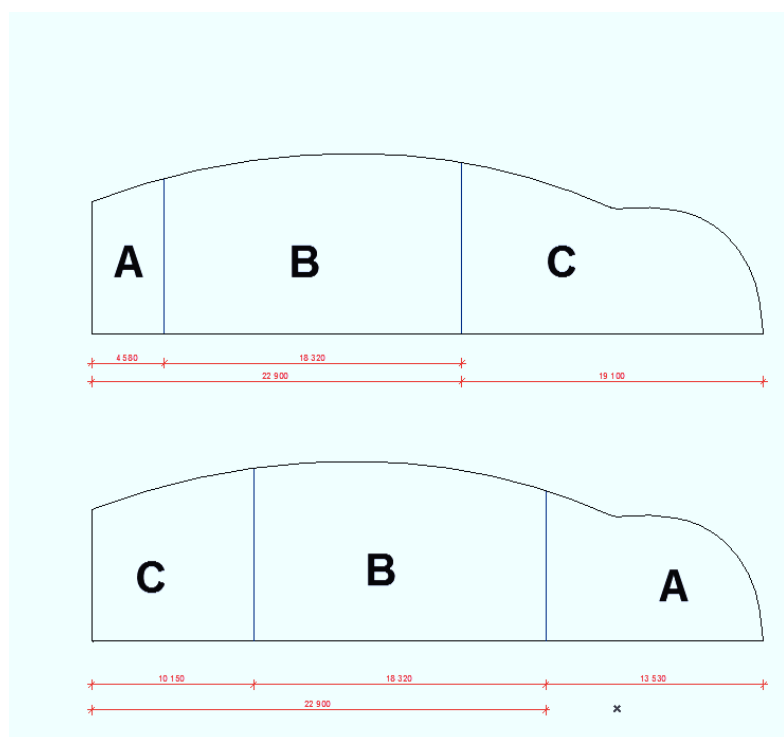
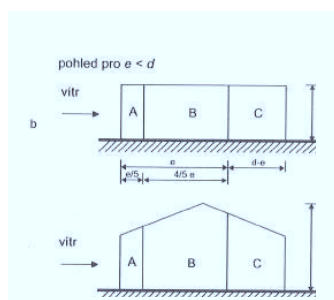


Příčný vítr

$$h = 11,54 \text{ m}$$

$$e = \min \{b, 2h\} = \{75,2 \cdot 11,54 = 22,9\}$$

$$d = 42 \text{ m}$$



$$h/d = 11,54/42 = 0,275$$

OBLAST

$$A \quad C_{pe,10}^A = -1,2$$

$$B \quad C_{pe,10}^B = -0,85$$

$$C \quad C_{pe,10}^C = -0,50$$

PÁSMO A

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^A = -1,2$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-1,2) = -0,92 \text{ kN/m}^2$$

PÁSMO B

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^B = -0,85$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-0,85) = -0,65 \text{ kN/m}^2$$

PÁSMO C

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^C = -0,5$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-0,5) = -0,38 \text{ kN/m}^2$$

Podélný vítr

$$h/d = 11,54/75 = 0,15$$

OBLAST

$$D \quad C_{pe,10}^D = 0,7$$

$$E \quad C_{pe,10}^E = -0,3$$

PÁSMO D

Součinitel vnějšího tlaku

$$C_{pe,10}^D = 0,7$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

$$w_{e,A} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot 0,7 = 0,54 \text{ kN/m}^2$$

PÁSMO E

Součinitel vnějšího tlaku

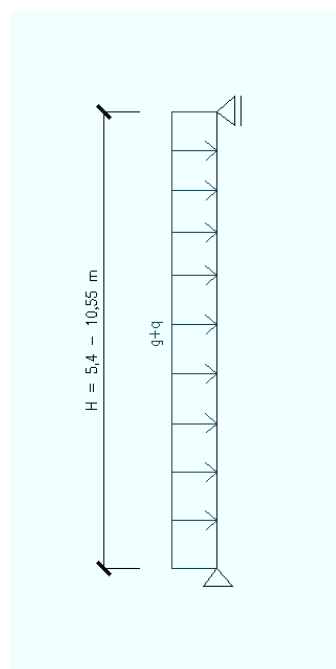
$$C_{pe,10}^E = -0,3$$

$$q_p(z_e) = 0,7687 \text{ kN/m}^3$$

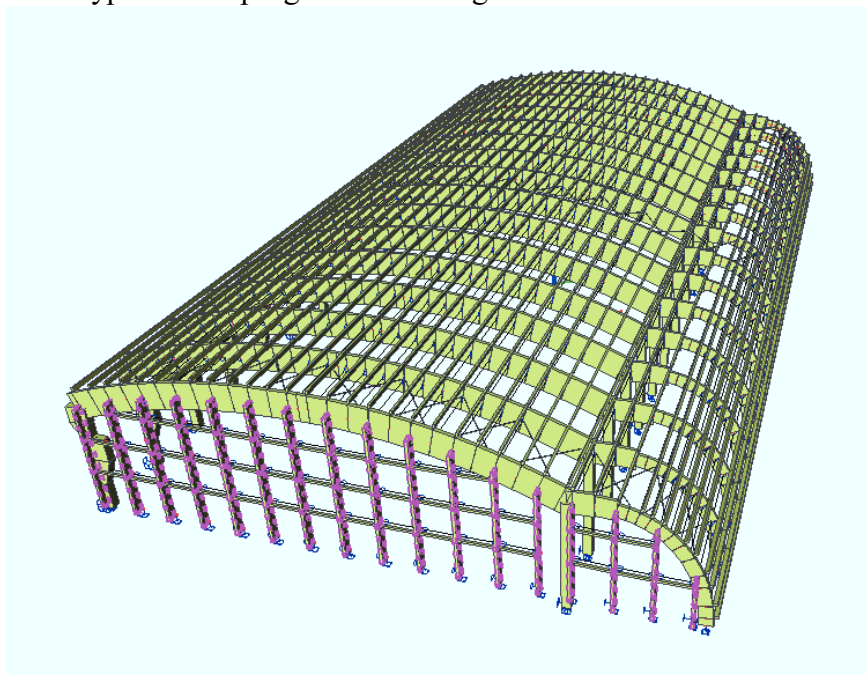
$$w_{e,A} = q_p(z_e) \cdot C_{pe} = 0,7687 \cdot (-0,3) = -0,23 \text{ kN/m}^2$$

7.2. Sloupky

7.2.1. Schéma sloupků



Model z výpočetního programu Scia Engineer



7.2.2. Průřezové + materiálové charakteristiky

Šířka profilu $b = 200 \text{ mm}$

Výška profilu $h = 600 \text{ mm}$

Plocha průřezu $A = 120000 \text{ mm}^2$

$$I_y = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,20 \cdot 0,6^3 = 0,0036 \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12}hb^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,6 \cdot 0,20^3 = 0,0004 \text{ m}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,20 \cdot 0,6^2 = 0,012 \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6}hb^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,6 \cdot 0,20^2 = 0,004 \text{ m}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{600}{\sqrt{12}} = 173 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{200}{\sqrt{12}} = 58 \text{ mm}$$

→ Materiál GL24h

- Pevnost v ohybu $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
- Pevnost v tahu
 - Rovnoběžně s vlákny $f_{t,0,k} = 16,5 \text{ MPa}$
 - Kolmo k vláknům $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$
- Pevnost v tlaku
 - Rovnoběžně s vlákny $f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$
 - Kolmo k vláknům $f_{c,90,k} = 2,7 \text{ MPa}$
- Pevnost ve smyku $f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti
 - $E_{0,\text{mean}} = 11600 \text{ MPa}$
 - $E_{0,05} = 9400 \text{ MPa}$
 - $E_{90,\text{mean}} = 390 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti ve smyku $G_{\text{mean}} = 720 \text{ MPa}$

$\gamma_M = 1,25$ (dílčí součinitel pro lepené lamelové dřevo)

Třída provozu 2

$k_{\text{mod}} = 0,9$

Návrhové pevnosti

Pevnost v ohybu

$$f_{m,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

Pevnost v tahu

- Rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,0,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

- Kolmo na vlákna

$$f_{t,90,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{0,4}{1,25} = 0,288 \text{ MPa}$$

Pevnost v tlaku

- Rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

- Kolmo k vláknům

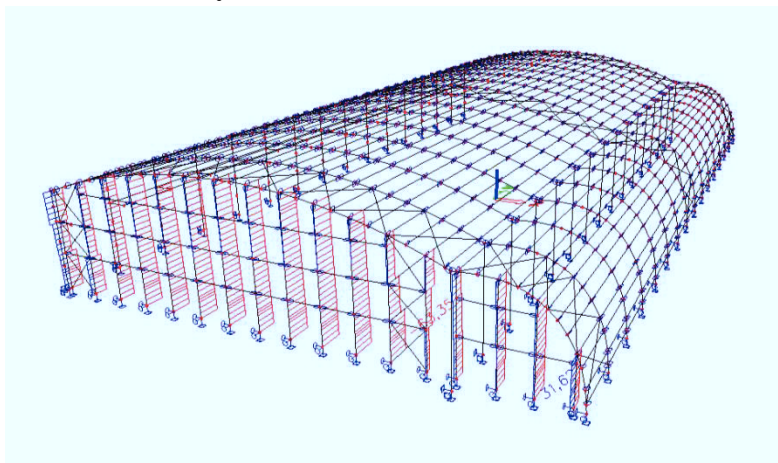
$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

Pevnost ve smyku

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

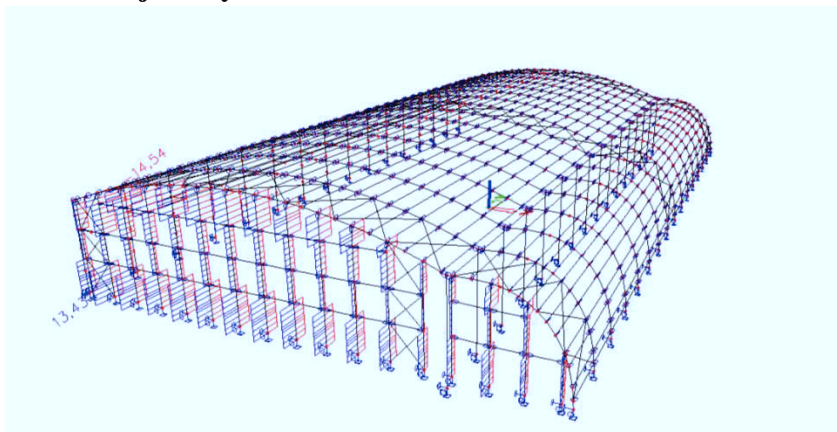
7.2.3. Vnitřní síly

- Normálové síly



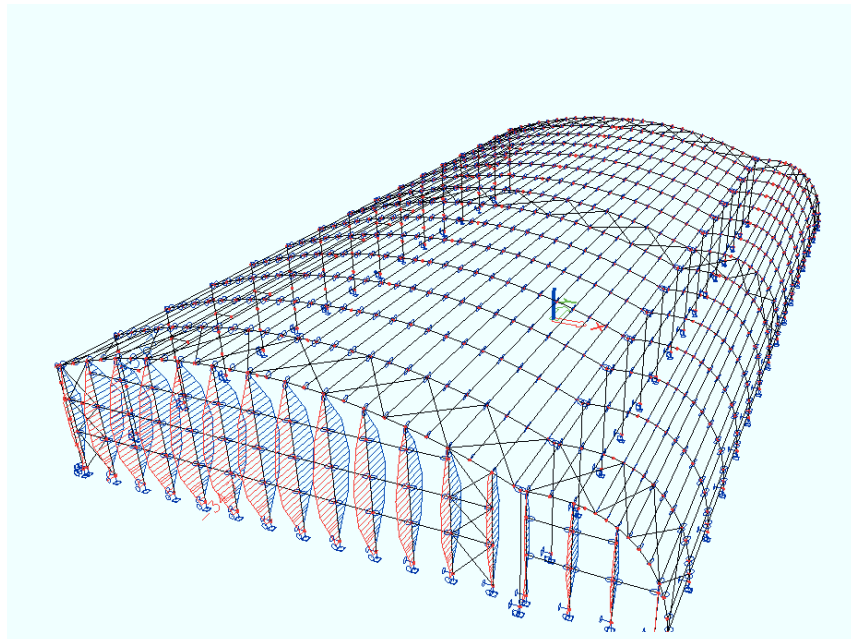
→ Maximální normálová síla $N = 63,4 \text{ kN}$

- Posouvající síly



→ Maximální $V_z = 15,0$ kN

- **Ohybové momenty**



→ Maximální ohybový moment $M_y = 36,7$ kNm

7.2.4. Posouzení mezního stavu únosnosti

7.2.4.1. Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu

Poměrné štíhlostní poměry

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$\beta_c = 0,1 \dots$ pro lepené lamelové dřevo

$k_m = 0,7 \dots$ pro obdélníkové průřezy

č. prvku	$L_{cr,y}$	$L_{cr,z}$	λ_y	$\lambda_{rel,y}$	λ_z	$\lambda_{rel,z}$	k_y	k_z	$k_{c,y}$	$k_{c,z}$
1	7,9	2,9	45,66	0,73	50,00	0,80	0,79	0,85	0,92	0,89
2	8,75	2,9	50,58	0,81	50,00	0,80	0,86	0,85	0,89	0,89
3	9,42	2,9	54,45	0,88	50,00	0,80	0,91	0,85	0,86	0,89
4	9,9	2,9	57,23	0,92	50,00	0,80	0,95	0,85	0,83	0,89
5	10,26	2,9	59,31	0,95	50,00	0,80	0,99	0,85	0,80	0,89
6	10,47	2,9	60,52	0,97	50,00	0,80	1,01	0,85	0,79	0,89
7	10,53	2,9	60,87	0,98	50,00	0,80	1,01	0,85	0,78	0,89
8	10,55	2,9	60,98	0,98	50,00	0,80	1,02	0,85	0,78	0,89
9	10,3	2,9	59,54	0,96	50,00	0,80	0,99	0,85	0,80	0,89
10	9,9	2,9	57,23	0,92	50,00	0,80	0,95	0,85	0,83	0,89
11	9,4	2,9	54,34	0,87	50,00	0,80	0,91	0,85	0,86	0,89
12	8,6	2,9	49,71	0,80	50,00	0,80	0,84	0,85	0,90	0,89
13	7,7	2,9	44,51	0,72	50,00	0,80	0,78	0,85	0,93	0,89
14	7,1	2,9	41,04	0,66	50,00	0,80	0,74	0,85	0,94	0,89
15	7,2	2,9	41,62	0,67	50,00	0,80	0,74	0,85	0,94	0,89
16	6,8	2,9	39,31	0,63	50,00	0,80	0,72	0,85	0,95	0,89
17	5,4	2,9	31,21	0,50	50,00	0,80	0,64	0,85	0,97	0,89

1. Podmínka

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

2. Podmínka

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

č. prvku	N_{ed} (kN)	M_y (kNm)	$\sigma_{c,0,d}$ (kPa)	$\sigma_{m,y,d}$ (kPa)	1. podm	2. podm	\leq	1
1	32	15,8	266,67	1316,67	0,09	0,07	\leq	1
2	30,6	35,7	255,00	2975,00	0,19	0,14	\leq	1
3	40,7	34,8	339,17	2900,00	0,19	0,14	\leq	1
4	48,2	31,7	401,67	2641,67	0,18	0,13	\leq	1
5	50,4	33,8	420,00	2816,67	0,19	0,14	\leq	1
6	53,2	35,12	443,33	2926,67	0,20	0,15	\leq	1
7	53,8	35,7	448,33	2975,00	0,21	0,15	\leq	1
8	49,4	34,8	411,67	2900,00	0,20	0,14	\leq	1
9	61,7	33,3	514,17	2775,00	0,20	0,15	\leq	1
10	61,8	30,7	515,00	2558,33	0,18	0,14	\leq	1
11	60,6	27,13	505,00	2260,83	0,16	0,12	\leq	1
12	63,4	29,52	528,33	2460,00	0,18	0,13	\leq	1
13	36,8	16,6	306,67	1383,33	0,10	0,08	\leq	1
14	28,5	12	237,50	1000,00	0,07	0,06	\leq	1
15	44,3	19	369,17	1583,33	0,11	0,09	\leq	1
16	56,4	23,7	470,00	1975,00	0,14	0,11	\leq	1
17	31,6	12,2	263,33	1016,67	0,07	0,06	\leq	1

→ Vyhovuje

7.2.4.2. Ověření příčné a torzní stability

Napětí musí splňovat podmínku:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

k_{crit} ... součinitel klopení (příčné a torzní stability)

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{pro } 0,75 \leq \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{pro } \lambda_{rel,m} > 1,4 \end{cases}$$

Poměrná štíhlost pro ohyb

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{mk}}{\sigma_{m,crit}}}$$

U nosníků obdélníkového průřezu se kritické napětí za ohybu vypočte ze vztahu:

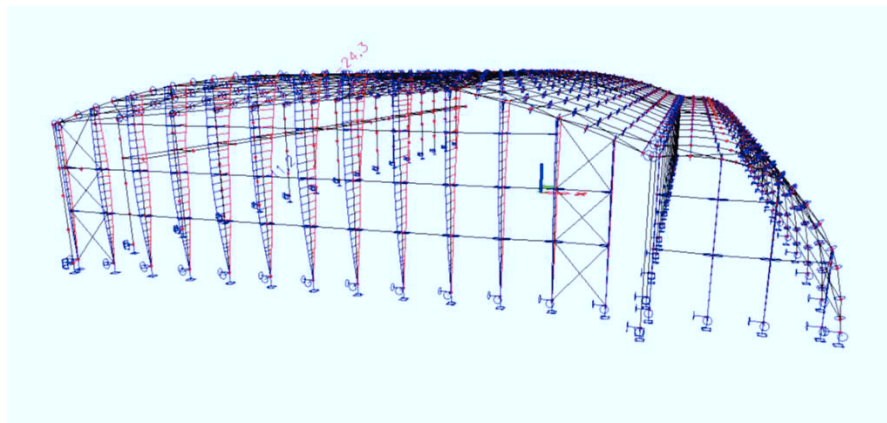
$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78b^2E_{0,05}}{hl_{ef}}$$

l_{ef} ... účinná délka nosníku

č. prvku	L	l_{ef}	h	b	σ_{crit}	$\lambda_{rel,m}$	k_{crit}	$\sigma_{m,y,d}$		$k_{crit} \cdot f_{md}$
1	7,9	7,11	0,6	0,2	68,75	0,59	1	1,32	≤	17,28
2	8,75	7,875	0,6	0,2	62,07	0,62	1	2,98	≤	17,28
3	9,42	8,478	0,6	0,2	57,66	0,65	1	2,90	≤	17,28
4	9,9	8,91	0,6	0,2	54,86	0,66	1	2,64	≤	17,28
5	10,26	9,234	0,6	0,2	52,93	0,67	1	2,82	≤	17,28
6	10,47	9,423	0,6	0,2	51,87	0,68	1	2,93	≤	17,28
7	10,53	9,477	0,6	0,2	51,58	0,68	1	2,98	≤	17,28
8	10,55	9,495	0,6	0,2	51,48	0,68	1	2,90	≤	17,28
9	10,3	9,27	0,6	0,2	52,73	0,67	1	2,78	≤	17,28
10	9,9	8,91	0,6	0,2	54,86	0,66	1	2,56	≤	17,28
11	9,4	8,46	0,6	0,2	57,78	0,64	1	2,26	≤	17,28
12	8,6	7,74	0,6	0,2	63,15	0,62	1	2,46	≤	17,28
13	7,7	6,93	0,6	0,2	70,53	0,58	1	1,38	≤	17,28
14	7,1	6,39	0,6	0,2	76,49	0,56	1	1,00	≤	17,28
15	7,2	6,48	0,6	0,2	75,43	0,56	1	1,58	≤	17,28
16	6,8	6,12	0,6	0,2	79,87	0,55	1	1,98	≤	17,28
17	5,4	4,86	0,6	0,2	100,58	0,49	1	1,02	≤	17,28
										vyhovuje

7.2.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti

- Posouzení průhybu sloupků



→ Pro posudek bereme globální maximum

→ Maximum u sloupku č. 7

- $L = 10,53 \text{ m}$

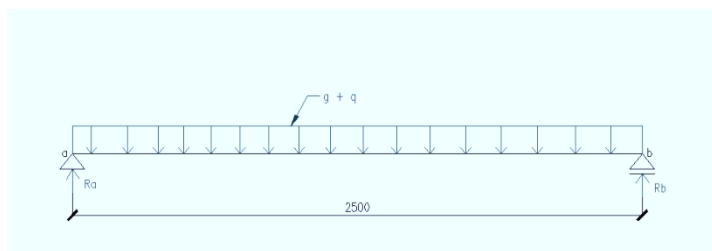
- $u_z = 24,3 \text{ mm}$

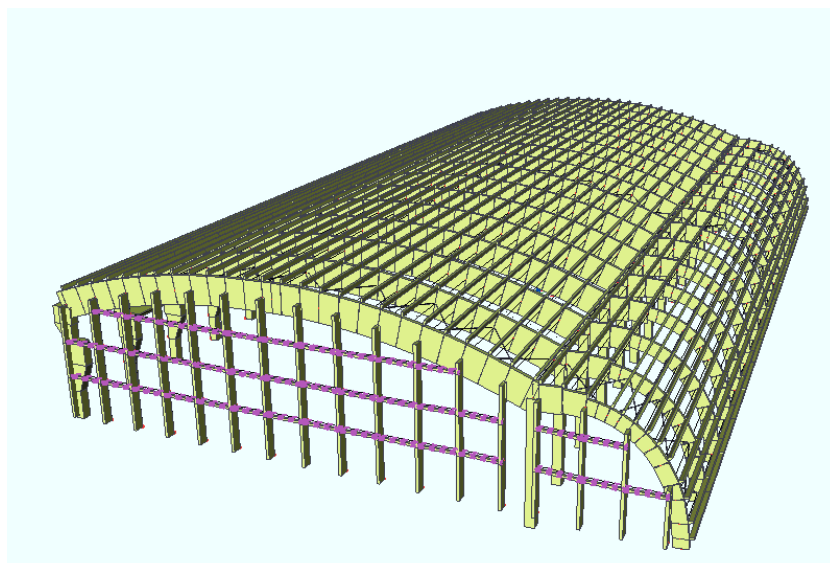
$$u_z = 24,3 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = \frac{10530}{300} = 35 \text{ mm}$$

→ Vyhovuje

7.3. Paždíky

7.3.1. Schéma





7.3.2. Zatížení

→ Viz sloupek – posudek na největší namáhání

7.3.3. Průřezové + materiálové charakteristiky

Šířka profilu $b = 150 \text{ mm}$

Výška profilu $h = 150 \text{ mm}$

Plocha průřezu $A = 22500 \text{ mm}^2$

$$I_y = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,15 \cdot 0,15^3 = 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12}hb^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,15 \cdot 0,15^3 = 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,15 \cdot 0,15^2 = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6}hb^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,15 \cdot 0,15^2 = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$i_y = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{150}{\sqrt{12}} = 43,3 \text{ mm}$$

$$i_z = \frac{b}{\sqrt{12}} = \frac{150}{\sqrt{12}} = 43,3 \text{ mm}$$

→ Materiál GL24h

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

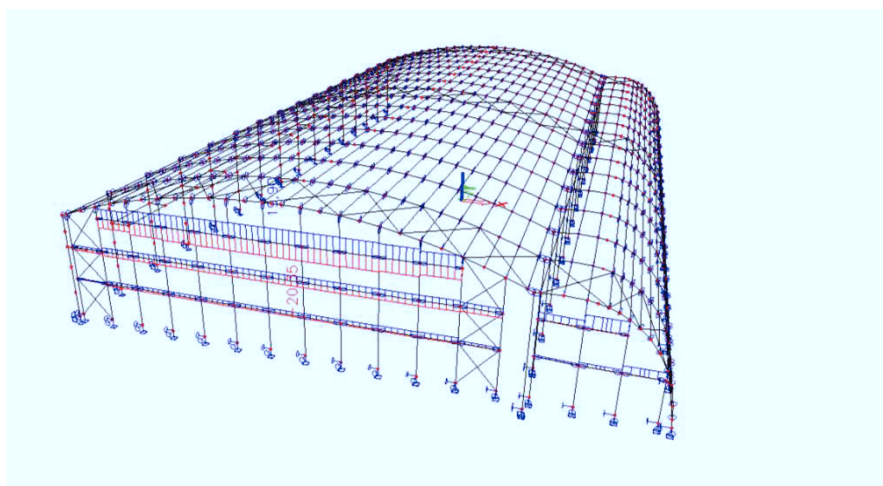
$$f_{t,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{0,4}{1,25} = 0,288 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

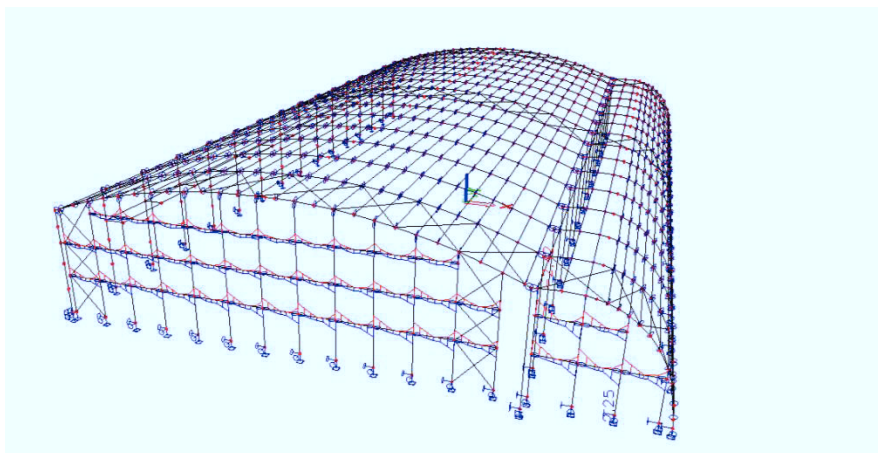
7.3.4. Vnitřní síly

- Normálové síly

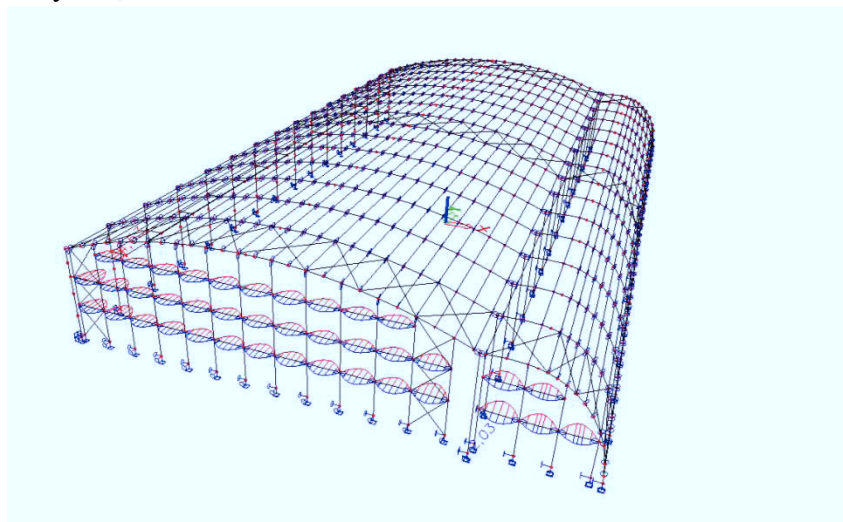


→ N = 20,4 kN

- Maximální moment



→ $M_y = 2,3 \text{ kNm}$



→ $M_z = 4,53 \text{ kNm}$

7.3.5. Posouzení na kombinaci tahu a ohybu

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{4,53}{5,6 \cdot 10^{-4}} = 8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{20,4}{0,0225} = 0,907 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,907}{11,88} + 0,7 \cdot \frac{8}{17,28} = 0,4 \leq 1$$

→ **Vyhovuje**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,907}{11,88} + \frac{8}{17,28} = 0,54 \leq 1$$

→ **Vyhovuje**

7.3.6. Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu

$$L_{cr,y} = 2,5 \text{ m}$$

Stanovení součinitele vzpěrnosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2500}{43,3} = 57,7$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{57,7}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9400}} = 0,93$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,83$$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) =$$

$$= 0,5(1 + 0,1(0,93 - 0,3) + 0,93^2) = 0,96$$

$\beta_c = 0,1$... pro lepené lamelové dřevo

$k_m = 0,7$... pro obdélníkové průřezy

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{20,4}{0,0225} = 0,907 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W} = \frac{2,3}{5,6 \cdot 10^{-4}} = 4,1 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,907}{0,83 \cdot 17,28} + \frac{4,1}{1,0 \cdot 17,28} = 0,3 \leq 1,0$$

→ Vyhovuje

7.3.7. Ověření příčné a torzní stability

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78b^2 E_{0,05}}{hl_{ef}} = \frac{0,78 \cdot 0,15^2 \cdot 9400 \cdot 10^3}{0,15 \cdot 2,25} = 488,8 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{mk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{488,8}} = 0,22 \leq 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

$$4,1 \text{ MPa} \leq 1 \cdot 17,28$$

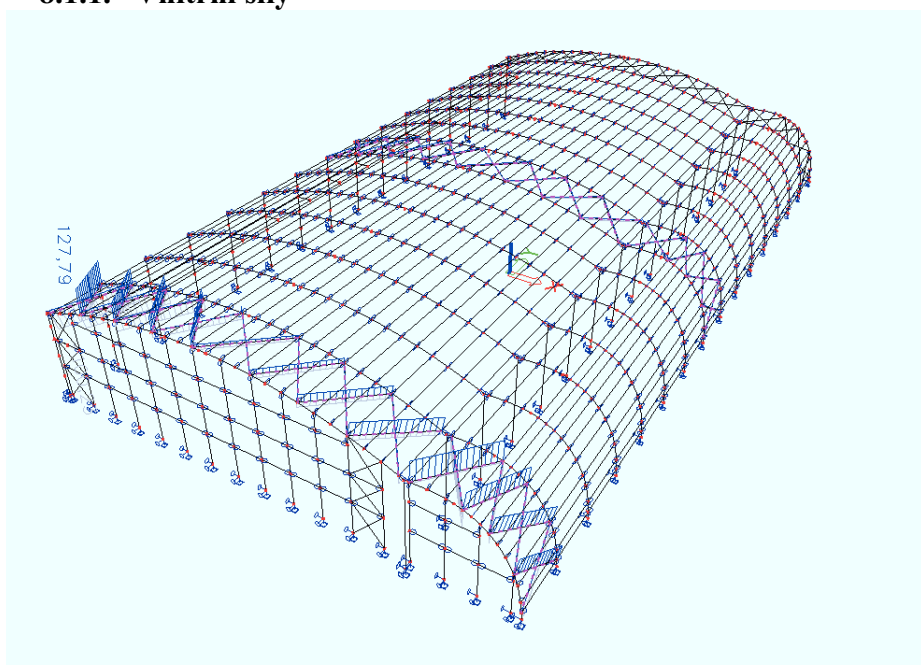
→ Vyhovuje

8. Ztužidla

Prostorovou stabilitu konstrukce zajišťují tři příčná ocelová ztužidla, které jsou umístěny v osových vzdálenostech po 30 – ti metrech v podélném směru. Stabilita v podélném směru je zajištěna pomocí dřevěných rozpěr, které jsou v osových vzdálenostech rozmístěny po 3,9 m v příčném směru.

8.1. Střešní ocelová ztužidla

8.1.1. Vnitřní síly



$$\rightarrow N_{Ed} = 128 \text{ kN}$$

8.1.2. Návrh ztužidel

→ Navržen konstrukční spojovací systém od firmy Macalloy

→ navrženy tyčové táhla Macalloy 460 se závitem M24 o průměru táhla 22 mm

Tabulka 1: Vlastnosti táhel Macalloy ve standardním provedení a v nerez provedení

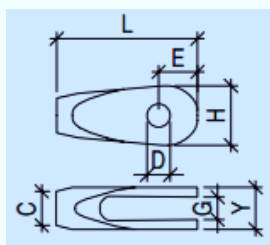
Závít	jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90*	M100*
Průměr táhla	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
Minimální mez kluzu	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172
Minimální mez pevnosti	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206
Hmotnost táhla	Kg/m	0,50	0,75	1,40	2,20	3,00	4,80	7,10	9,40	12,50	16,70	22,20	32,00	41,50	46,70	58,00



$$N_{d,táhla} = 156 \text{ kN}$$

$$E_{lana} = 190 \text{ kN/mm}^2$$

$$L = 6300 \text{ mm}$$

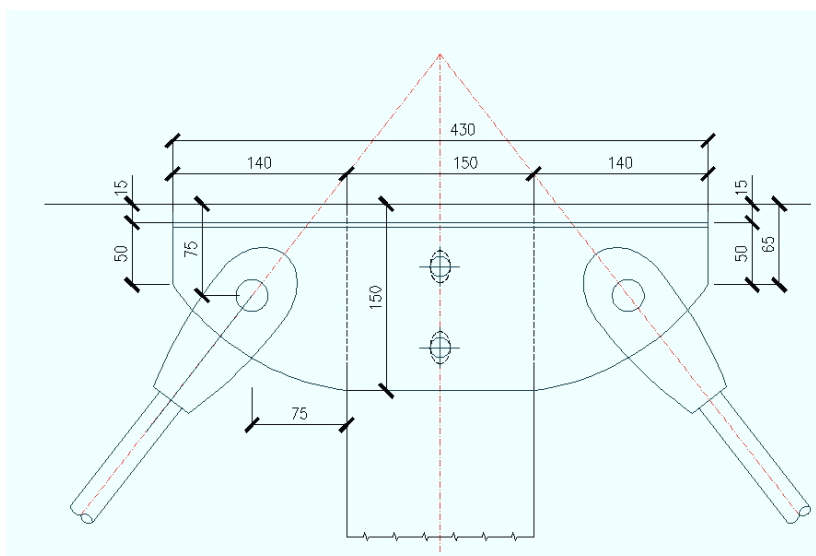
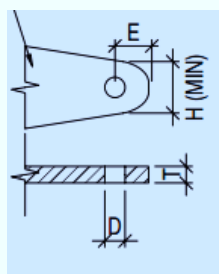


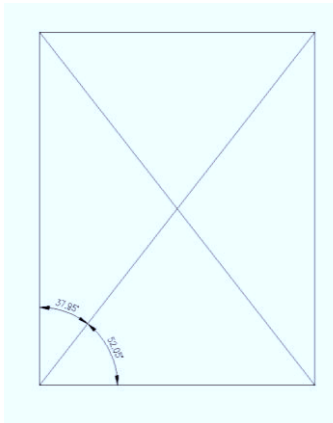
Kotvící spojovací systém

→ FA24 – vidlicová koncovka, délka $L = 148 \text{ mm}$

Styčkový plech GPA24, S355, tloušťky 20 mm

Půdorys detailu připojení táhel a rozpěry k vazníku





8.1.3. Posouzení ztužidel

$$\alpha = 52^\circ$$

$$N_d = 128 \text{ kN}$$

$$N_{d,\cos} = 78,8 \text{ kN}$$

$$N_{d,\sin} = 100,9 \text{ kN}$$

→ navrženy svorníky $\varnothing 20 \text{ mm}$,

Ocel S355 ($f_y = 355 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$)

Posouzení na střih svorníků

Ocelová deska tl. 15 mm

$$0,5d = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ mm}$$

$$10 \text{ mm} \leq \text{tl. oc. desky} 15 \text{ mm} \leq d = 20 \text{ mm}$$

→ je nutné interpolovat mezi tenkou a tlustou deskou

→ Pro tenkou ocelovou desku jednostrížně namáhanou

Pevnost v otláčení stěny otvoru

- Pro předvrtané otvory

$$f_{h,1,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = 25 \text{ MPa}$$

$$M_{y,k} = 0,3f_{u,k}d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 20^{2,6} = 369292 \text{ Nmm}$$

Charakteristická únosnost pro jeden střih

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4f_{h,k}t_1d}{1,15\sqrt{2M_{y,Rk}f_{h,k}d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4 \cdot 25 \cdot 240 \cdot 20 = 48 \text{ kN}}{1,15\sqrt{2 \cdot 369292 \cdot 25 \cdot 20} + 0 = 22,1 \text{ kN}} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 22,1 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd,1} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{22,1}{1,3} = 15,3 \text{ kN}$$

→ Pro tlustou ocelovou desku jednostřížně namáhanou

Charakteristická únosnost pro jeden stříh

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{h,k} t_1 d \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 25 \cdot 240 \cdot 20 \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 369292}{25 \cdot 20 \cdot 240^2}} - 1 \right] + 0 \\ 2,3 \sqrt{369292 \cdot 25 \cdot 20} + 0 \\ 25 \cdot 240 \cdot 20 \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 52 \text{ kN} \\ 31,3 \text{ kN} \\ 120 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 31,2 \text{ kN}$$

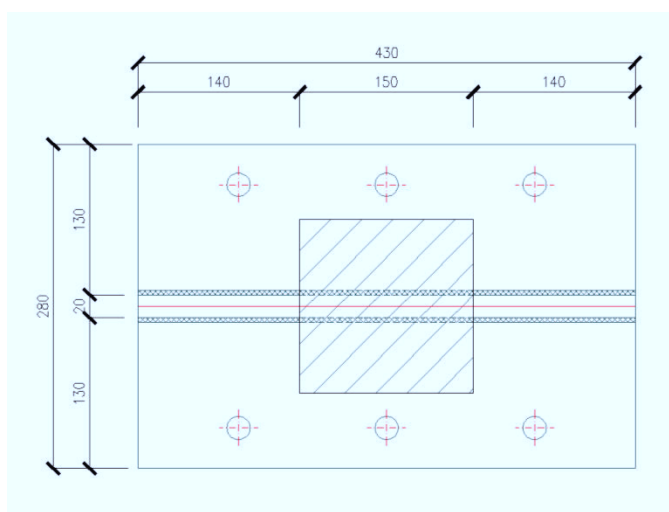
$$F_{v,Rd,2} = k_{mod} \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{31,2}{1,3} = 21,6 \text{ kN}$$

→ Po interpolaci

$$F_{v,Rd} = 18,5 \text{ kN}$$

$$n = \frac{N_{d,cos}}{F_{v,Rd}} = \frac{78,8}{18,5} = 4,3 \text{ ks}$$

→ Navrženo 6 svorníků (tři svorníky ve dvou řadách)



Posouzení na tah

$$\sigma_{t,d} = \frac{N_{d,\sin}}{A} = \frac{100,9}{\pi \cdot 0,011^2} = 265,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,d} = 265,4 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa}$$

→ Vyhovuje

Posouzení svaru plechů

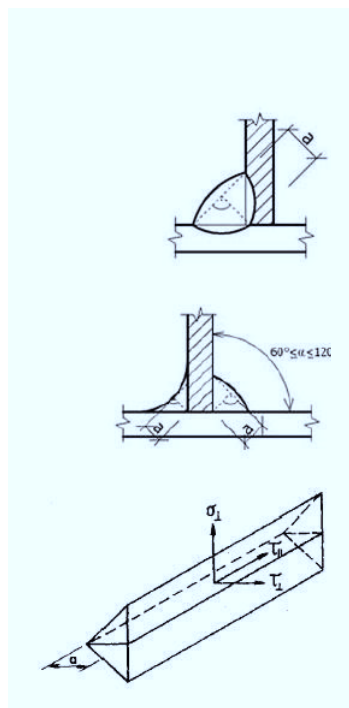
$a = 4 \text{ mm}$ (účinná tloušťka koutového svaru)

$$A_w = 4 \cdot 430 = 1720 \text{ mm}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\frac{F_{Ed}}{2\sqrt{2}}}{A_w} = \frac{\frac{61,5}{2\sqrt{2}}}{0,00172} = 12,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{N_{d,\cos}/2}{A_w} = \frac{96/2}{0,00172} = 27,9 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{II}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}$$



$$\sqrt{12,7^2 + 3 \cdot 12,7^2 + 3 \cdot 27,9^2} = 54,6 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453 \text{ MPa}$$

→ vyhovuje

8.2. Posouzení rozpěry

Výpočet rozpěry byl proveden ve výpočetním programu FINE EC.

Norma výpočtu EN 1995-1-1

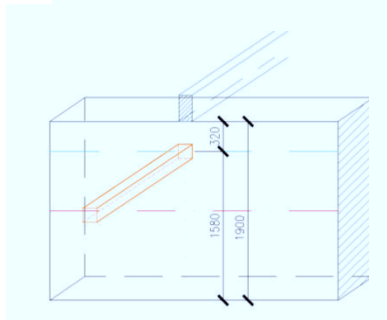
Výpočet je proveden podle České národní přílohy.

Součinitel γ_M pro základní kombinace : 1,300

Délka dílce: 5,000 m

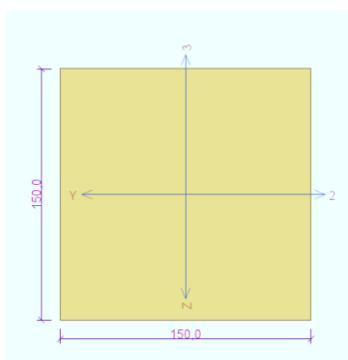
Třída provozu: 2

Schéma umístění rozpěry
v rámci vazníku



Osová vzdálenost
rozpěr = 3,9 m

Schéma



Vnitřní síly

Zatěžovací případ	Charakter zatižení	N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]	V ₂ [kN]	M ₃ [kNm]
Zat. případ 1	Krátkodobé	-6,900	0,000	0,000	0,000	0,000

Průřezové + materiálové charakteristiky

DŘEVO, CELISTVÝ OBDÉLNÍK	H R A N Ě Ň Ý
Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 150,0 \text{ mm}$
šířka průřezu	$b = 150,0 \text{ mm}$
Průřezové charakteristiky	
průřezová plocha	$A = 2,250\text{E}+04 \text{ mm}^2$
vzdálenost těžiště od levé strany min. obálky průřezu	$y_{cg} = 75,0 \text{ mm}$
vzdálenost těžiště od dolní strany min. obálky průřezu	$z_{cg} = 75,0 \text{ mm}$
moment setrvačnosti k vodorovné těžišťové ose	$I_y = 4,219\text{E}+07 \text{ mm}^4$
moment setrvačnosti ke svislé těžišťové ose	$I_z = 4,219\text{E}+07 \text{ mm}^4$
poloměr setrvačnosti kolmý k vodorovné těžišťové ose	$i_y = 43,3 \text{ mm}$
poloměr setrvačnosti kolmý ke svislé těžišťové ose	$i_z = 43,3 \text{ mm}$

Materiál

Název: S10 (C24) - jehličnaté

Při výpočtu je zohledněn součinitel k_h pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.

Materiálové charakteristiky:

Modul pružnosti	$E_{0,mean}$: 11000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G_{mean}	: 690 MPa
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$: 24,0 MPa
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$: 14,0 MPa
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$: 21,0 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$: 4,0 MPa
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$: 2,5 MPa
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$: 0,4 MPa
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$: 7400 MPa
Charakteristická hodnota hustoty	ρ_k	: 350,0 kg/m ³

Vzpěr

Počítá se se vzpěrem

Délka úseku pro vzpěr $L_z = 5,000$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_z = 1,000$

Délka úseku pro vzpěr $L_y = 5,000$ m

Součinitel vzpěrné délky $k_y = 1,000$

Vzpěrná délka $L_{cr,z} = 5,000$ m

Vzpěrná délka $L_{cr,y} = 5,000$ m

Posouzení vzpěrného tlaku:

Štíhlost pro vybočení kolmo k ose z $\lambda_z = 115,5$

Štíhlost pro vybočení kolmo k ose y $\lambda_y = 115,5$

Rozhodující štíhlost $\lambda = 115,5$

Výpočet vlivu vzpěru:

Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,y} = 1,958$

$k_y = 2,583$

$k_{c,y} = 0,234$

Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,z} = 1,958$

$k_z = 2,583$

$k_{c,z} = 0,234$

Rozhodující součinitel vzpěrnosti $k_c = 0,234$

Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,300$

Modifikační součinitel $k_{mod} = 0,900$

Návrhová pevnost v tlaku $f_{c,0,d} = 14,538$ MPa

$\sigma_{c,0,d}/(k_c \cdot f_{c,0,d}) = -0,090$

$|-0,090| < 1$ Vyhovuje

Celkové posouzení

Posudek vzpěrného tlaku:

Únosnost: $N_R = 76,664$ kN

$|-0,090| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 115,5

Průřez vyhovuje

Využití

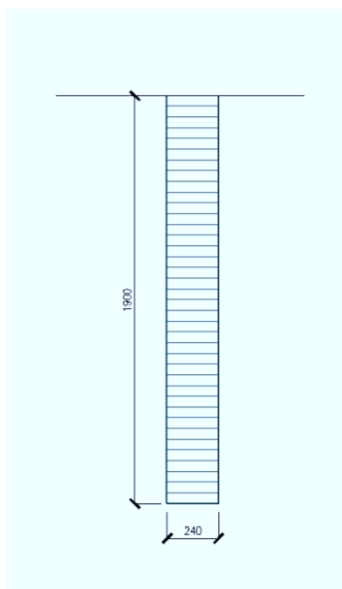
Využití průřezu: 9,0 %

9. Posouzení požární odolnosti dřevěných vazníků

- Vazníky jsou posouzeny metodou redukovaného průřezu
- Vazník nad jezdeckou arénou posuzují na 30- ti minutovou požární odolnost (R30) – únosnost v ohybu
- Vazník nad stájemi posuzují na 15 – ti minutovou požární odolnost – únosnost v ohybu

9.1. Vazník nad jezdeckou arénou

Schéma



Vnitřní síly

$$M_y = 1988 \text{ kNm}$$

$$V_z = 232 \text{ kN}$$

Průřezové + materiálové charakteristiky

$$b = 240 \text{ mm}$$

$$h = 1900 \text{ mm}$$

$$d = 32\,800 \text{ mm}$$

$$A = 240 \cdot 1900 = 456\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,24 \cdot 1,9^3 = 137,2 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

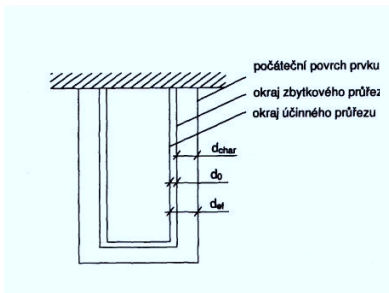
$$W_y = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,24 \cdot 1,9^2 = 144,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

Posouzení metodou redukovaného průřezu

$$\sigma_{m,d,fi} \leq f_{m,g,fi,d}$$

Hloubka zuhelnatění



$$d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0$$

$$d_{char} = \beta_n \cdot t$$

$\beta_n = 0,7 \rightarrow$ pro LLD (není uvažováno zaoblení rohů)

$k_0 = 1,0$ (pro nechráněné povrchy)

$d_0 = 7 \text{ mm}$

Pevnost v tlaku po 30-ti minutách požárního zatížení

$t = 30$

$$d_{ef} = 0,7 \cdot 30 + 1,0 \cdot 7 = 28 \text{ mm}$$

$$b_{fi,30} = 240 - 2 \cdot 28 = 184 \text{ mm}$$

$$h_{fi,30} = 1900 - 28 = 1872 \text{ mm}$$

$$W_{fi,30} = \frac{1}{6} b_{fi,30} h_{fi,30}^2 = \frac{1}{6} \cdot 184 \cdot 1872^2 = 107,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_{f,d} = 1988 \cdot 0,6 = 1193 \text{ kNm}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu

$$\sigma_{m,d,fi} = \frac{M_{f,d}}{W_{fi,30}} = \frac{1193}{0,1075} = 11,1 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v ohybu

$k_{mod,fi} = 1,0$

$k_f = 1,15$ (pro lepené lamelové dřevo)

$$f_{m,g,fi,d} = k_{mod,fi} \cdot k_f \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_{Mfi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

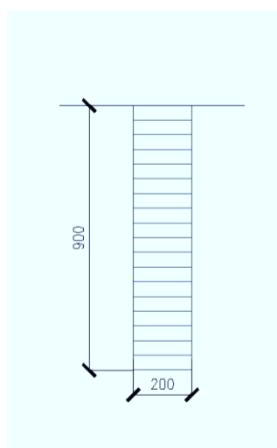
$$\sigma_{m,d,fi} = 11,1 \text{ MPa} \leq f_{m,g,fi,d} = 27,6 \text{ MPa}$$

→ Vyhovuje

$$\rightarrow \text{Stupeň využití } \frac{11,1}{27,6} = 0,4 \rightarrow 40\%$$

9.2. Vazník nad stájemi

Schéma



Vnitřní síly

$$V_d = 51,19 \text{ kN}$$

$$M_{\max,d} = M_{ap,d} = 132,42 \text{ kNm}$$

Přířezové + materiálové charakteristiky

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$d = 8\,500 \text{ mm}$$

$$A = 200 \cdot 900 = 180\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,2 \cdot 0,9^3 = 12,15 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,2 \cdot 0,9^2 = 27,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

Posouzení metodou redukovaného průřezu

$$\sigma_{m,d,fi} \leq f_{m,g,fi,d}$$

Hloubka zuhelnatění

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0$$

$$d_{char} = \beta_n \cdot t$$

$$\beta_n = 0,7 \rightarrow \text{pro LLD (není uvažováno zaoblení rohů)}$$

$$k_0 = 1,0 \text{ (pro nechráněné povrchy)}$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

Pevnost v tlaku po 15-ti minutách požárního zatížení

$$t = 15$$

$$d_{ef} = 0,7 \cdot 15 + 1,0 \cdot 7 = 17,5 \text{ mm}$$

$$b_{fi,30} = 200 - 2 \cdot 17,5 = 165 \text{ mm}$$

$$h_{fi,30} = 900 - 17,5 = 882,5 \text{ mm}$$

$$W_{fi,30} = \frac{1}{6} b_{fi,30} h_{fi,30}^2 = \frac{1}{6} \cdot 165 \cdot 882,5^2 = 21,42 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$M_{f,d} = 132,42 \cdot 0,6 = 79,5 \text{ kNm}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu

$$\sigma_{m,d,fi} = \frac{M_{f,d}}{W_{fi,30}} = \frac{79,5}{0,0214} = 3,71 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti v ohybu

$$k_{mod,fi} = 1,0$$

$$k_f = 1,15 \text{ (pro lepené lamelové dřevo)}$$

$$f_{m,g,fi,d} = k_{mod,fi} \cdot k_f \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_{Mfi}} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24}{1,0} = 27,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d,fi} = 3,71 \text{ MPa} \leq f_{m,g,fi,d} = 27,6 \text{ MPa}$$

→ Vyhovuje

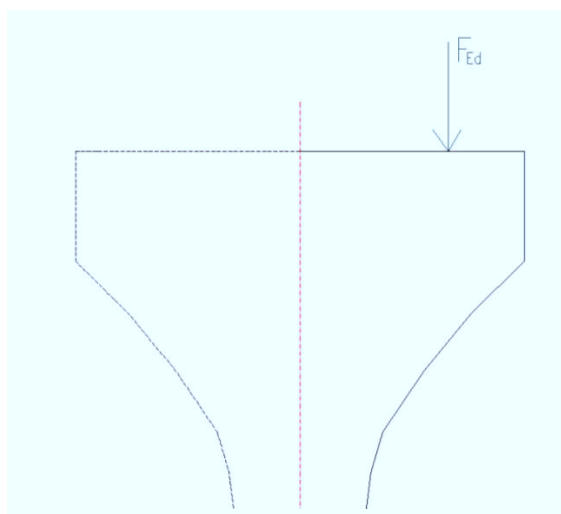
$$\rightarrow \text{Stupeň využití } \frac{3,71}{27,6} = 0,134 \rightarrow 13\%$$

10. Svislé nosné konstrukce

Svislé nosné konstrukce tvoří železobetonové sloupy, které jsou vetknuty v železobetonových patkách.

10.1. Posouzení krátké konzoly

Schéma



Vnitřní síly

$$F_{Ed} = V_z = 232,32 \text{ kN}$$

$$H_{ed} = 170,2 \text{ kN (rozdíl ze sil)}$$

Materiálové charakteristiky

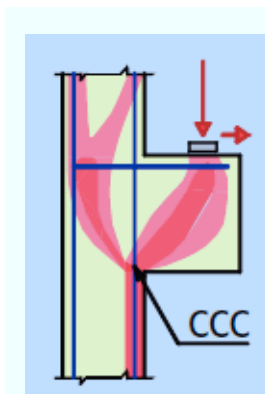
Beton C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{ct} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$f_{c,d} = 16 \text{ MPa}$$

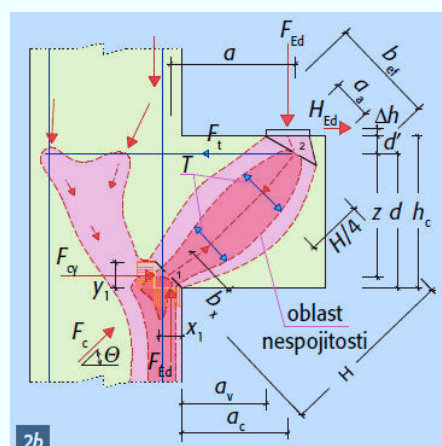
10.1.1. Metoda náhradní příhradoviny



- Přímou uložená konzola CCC

$$\sigma_{Rd,max} = 1,0 \cdot \eta \cdot f_{c,d} = 1,0 \cdot 0,88 \cdot 16 = 14,08 \text{ MPa}$$

$$\eta = 1 - \frac{f_{ck}}{250} = 0,88$$



Šířka piliře $b = 600 \text{ mm}$

$d' = 55 \text{ mm}$

$d = 615 \text{ mm}$

$a_c = 230 \text{ mm}$

Šířka tlačené oblasti x_1 od kraje sloupu

$$x_1 = \frac{F_{Ed}}{\sigma_{Rd,max} b} = \frac{232,32}{14,08 \cdot 0,6} = 30 \text{ mm}$$

Výška tlačené oblasti y_1

$$y_1 = d - \sqrt{d^2 - 2x_1(a + H_{Ed}/F_{Ed}(d' + \Delta h))}$$

$$y_1 = 615 - \sqrt{615^2 - 2 \cdot 30 \cdot (285,24 + \frac{170}{232,32} \cdot (55 + 0))} = 16 \text{ mm}$$

Rameno vnějších sil

$$a = a_c + 0,5x_1 + \frac{H_{Ed}}{F_{Ed}} (d' + \Delta h)$$

$$a = 230 + 0,5 \cdot 30 + \frac{170}{232,32} (55 + 0) = 285,24 \text{ mm}$$

Rameno vnitřních sil

$$z = d - 0,5y_1 = 615 - 16 \cdot 0,5 = 607 \text{ mm}$$

Sklon tlačené diagonály

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{z}{a} = \frac{607}{285,24} \rightarrow \theta = 64,8^\circ$$

$$\rightarrow \theta = 68^\circ$$

Tahová síla při horním lici konzoly

$$F_t = F_{Ed} \frac{a}{z} + H_{Ed} = 232,32 \cdot \frac{0,285}{0,607} + 170 = 279 \text{ kN}$$

Síla v betonové diagonální vzpěře

$$F_c = \frac{F_{Ed}}{\sin \theta} = \frac{232,32}{\sin 68^\circ} = 215,4 \text{ kN}$$

Hlavní tahová výztuž

$$A_s = \frac{F_t}{f_{yd}} = \frac{279}{435} = 641 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

$$4 \text{ } \varnothing 16 \text{ mm} \rightarrow A = 804,24 \text{ mm}^2$$

$$804,24 \text{ mm}^2 \geq 641 \text{ mm}^2$$

→ **Vyhovuje**

Návrh svislé výztuže

$$\beta = \frac{a_v}{2 \cdot d} = \frac{0,3}{2 \cdot 0,615} = 0,243 \rightarrow \beta = 0,25$$

$$A_{sv} = \beta \frac{F_{Ed}}{f_{yd}} = 0,25 \cdot \frac{232}{435} = 133,3 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

$$3 \text{ } \varnothing 10 \text{ mm} \rightarrow A = 235,6 \text{ mm}^2$$

$$235,6 \text{ mm}^2 \geq 133,3 \text{ mm}^2$$

→ **Vyhovuje**

10.2. Železobetonové sloupy

→ Posouzení v programu EC 3D

10.2.1. Vnější sloup

Součinitele výpočtu

Uvažovány dle normy ČSN EN 1992-1-1.

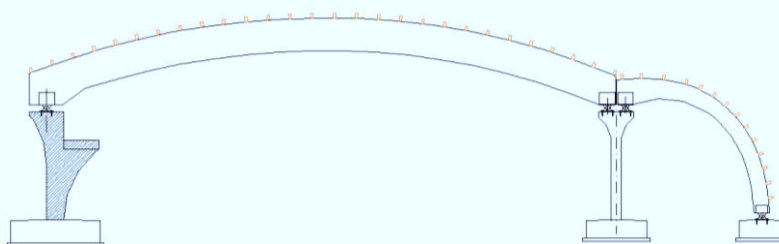
Dílčí součinitel betonu $\gamma_C = 1,5 [-]$

Dílčí součinitel oceli $\gamma_S = 1,15 [-]$

Součinitel tlakové pevnosti betonu $\alpha_{cc} = 1 [-]$

Dílčí součinitel modulu pružnosti betonu $\gamma_{CE} = 1,2 [-]$

Schéma umístění vnějšího sloupu



Vnitřní síly

Vnitřní síly - návrhová (MSU)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	V_{Edz} [kN]	V_{Edy} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	-590,00	-170,00	0,00	1320,00	0,00	0,00	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]
1	Zat. případ 2	-440,00	980,00	0,00	0,00

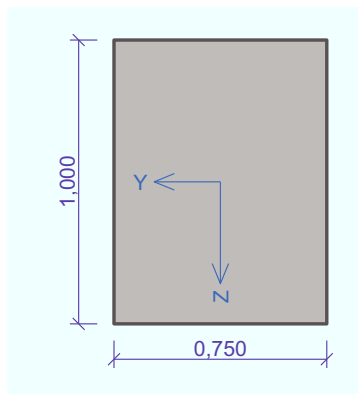
Průřezové + materiálové charakteristiky

Beton : C 30/37

$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$; $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$; $E_{cm} = 33000,0 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500 ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E = 200000,0 \text{ MPa}$)

Ocel příčná : B500 ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E = 200000,0 \text{ MPa}$)



Typ prvku – sloup

Prostředí XF1

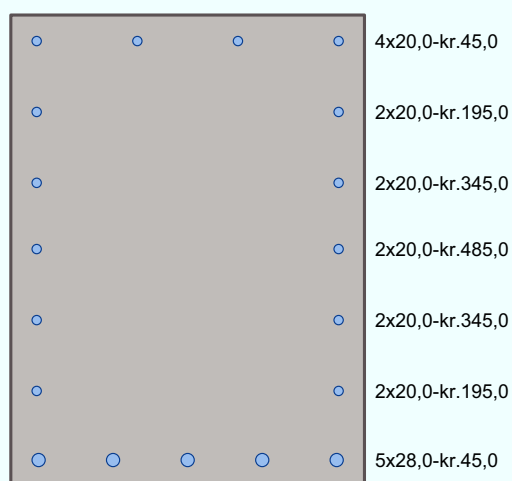
Vzpěr

Délka prvku [m]	Koef. vzpěru [-]	Vzpěrná délka [m]	Kolmo k ose
6,25	1,00	6,25	Y
6,25	1,00	6,25	Z

Návrh výztuže

Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
4	20,0	45,0	horní výztuž
2	20,0	195,0	horní výztuž
2	20,0	345,0	horní výztuž
5	28,0	45,0	dolní výztuž
2	20,0	195,0	dolní výztuž
2	20,0	345,0	dolní výztuž
2	20,0	495,0	dolní výztuž



S tlačnou výztuží není počítáno.

Smyková výztuž

Třmínky

Profil: 16,0 mm; Vzdálenost: 0,20 m; Svislé stříhy: 2; Vodor. stříhy: 2

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(28; 10; 10) = 28 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 28 + 10 = 38 \text{ mm}$$

Posouzení vnějšího sloupu

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,00997 \geq \rho_{s,\min} = 0,002 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\rho_s = 0,00997 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

$$\text{Minimální průměr třmínků} \quad d = 7,00 \text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků} \quad s_{cl,\max} = 0,30 \text{ m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	M_{0Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{0Edz} M_{Rdz} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	T_{Ed} T_{Rd} [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-590,00 15000,00	-170,00 1503,59	0,00 0,00	1329,2 2 -	1329,2 2 1874,9 8	0,00 -	0,00 0,00	0,00 0,00	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

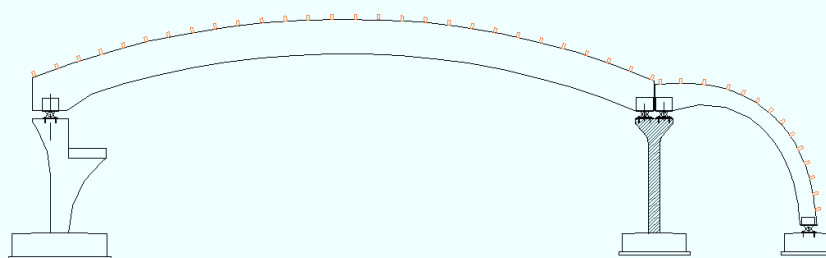
č.	Název	σ_c [MPa]	σ_r [MPa]	Posouzení
1	Zat. případ 2	14,54	241,67	Vyhovuje
	Limitní hodnoty $k_1 \times f_{ck} / k_3 \times f_{yk}$	18,00	400,00	

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

10.2.2. Vnitřní sloup

Schéma vnitřního sloupu



Vnitřní síly

Vnitřní síly - návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	V_{Edz} [kN]	V_{Edy} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	-460,00	-49,00	0,00	385,00	0,00	0,00	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	T_{Ed} [kNm]
1	Zat. případ 2	-340,00	285,00	0,00	0,00

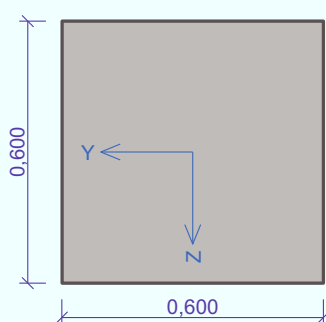
Průřezové + materiálové charakteristiky

Beton : C 30/37

$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$; $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$; $E_{cm} = 33000,0 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500 ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E = 200000,0 \text{ MPa}$)

Ocel příčná : B500 ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E = 200000,0 \text{ MPa}$)



Typ prvku – sloup

Prostředí XF1

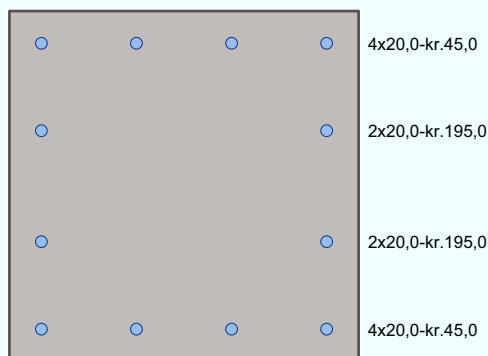
Vzpěr

Délka prvku [m]	Koef. vzpěru [-]	Vzpěrná délka [m]	Kolmo k ose
6,25	1,00	6,25	Y
6,25	1,00	6,25	Z

Návrh výztuže

Vyztužení průřezu

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
4	20,0	45,0	horní výztuž
2	20,0	195,0	horní výztuž
4	20,0	45,0	dolní výztuž
2	20,0	195,0	dolní výztuž



S tlačnou výztuží je počítáno.

Smyková výztuž

Třmínky

Profil: 16,0 mm; Vzdálenost: 0,20 m; Svislé stříhy: 2; Vodor. stříhy: 2

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(20; 10; 10) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

Posouzení vnitřního sloupu

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,0105 \geq \rho_{s,\min} = 0,002 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\rho_s = 0,0105 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

$$\text{Minimální průměr třmínků} \quad d = 6,00 \text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků} \quad s_{cl,\max} = 0,30 \text{ m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	M_{0Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{0Edz} M_{Rdz} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	T_{Ed} T_{Rd} [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-460,00 -8707,96	-49,00 -816,75	0,00 0,00	392,19 -	392,19 528,54	0,00 -	0,00 0,00	0,00 0,00	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) **VYHOVUJE**

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

č.	Název	σ_c [MPa]	σ_r [MPa]	Posouzení
1	Zat. případ 2	16,34	266,12	Vyhovuje
	Limitní hodnoty $k_1 \times f_{ck} / k_3 \times f_{yk}$	18,00	400,00	

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

11. Základy

Konstrukce je založena na železobetonových patkách. Základy pod vnějšími sloupy jsou tvořeny excentricky zatíženými patkami a základy pod vnitřními sloupy tvoří centricky zatížené patky.

- Výpočet patek byl proveden v programu Geo 5

11.1. Excentricky zatížená patka

Typ výpočtu - Výpočet pro odvozené podmínky

Výpočet svislé únosnosti - EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

Výpočet sednutí - Výpočet pomocí oedometrického modulu (ČSN 73 1001)

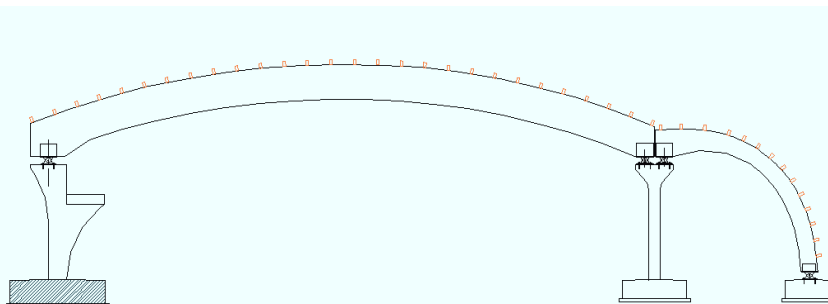
Omezení deformační zóny - pomocí strukturní pevnosti

Metodika posouzení : automatický výpočet podle EN 1997

Zadání koeficientů : Standard

Návrhový přístup : 3 - redukce zatížení GEO, STR a materiálu

Schéma umístění patky



Vnitřní síly

Číslo	Zatížení nové / změna	Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
1	ANO	Zatížení č. 1	Výpočtové	590.00	0.00	1320.00	-160.00	0.00
2	ANO	Zatížení č. 1 - provozní	Provozní	437.04	0.00	977.78	-118.52	0.00

Součinitel redukce zatížení (F)	Souč.	Stav STR [-]		Stav GEO [-]	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení	γ _G	1,35	1,00	1,00	1,00
Součinitel redukce materiálu (M)					Souč.
					[-]
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření					γ _φ
					1,25
Součinitel redukce efektivní soudržnosti					γ _c
					1,25
Součinitel redukce pevnosti, smykové pevnosti					γ _{cd}
					1,40

Průřezové + materiálové charakteristiky

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ _{ef} [°]	c _{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ _{sat} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída G3, ulehlá		35.50	0.00	19.00	11.00	

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Parametry zemín

Třída G3, ulehlá

Objemová tíha :	γ	=	19,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ _{ef}	=	35,50 °
Soudržnost zeminy :	c _{ef}	=	0,00 kPa
Edometrický modul :	E _{oed}	=	114,00 MPa
Koef. strukturní pevnosti :	m	=	0,30
Obj.tíha sat.zeminy :	γ _{sat}	=	21,00 kN/m ³

Založení

Typ základu: excentrická patka

Hloubka založení	h _z	=	1.40 m
Hloubka upraveného terénu	d	=	1.40 m
Tloušťka základu	t	=	1.20 m
Sklon upraveného terénu	s ₁	=	0.00 °
Sklon základové spáry	s ₂	=	0.00 °
Objemová tíha zeminy nad základem = 20.00 kN/m ³			

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992 1-1 (EC2).

Beton : C 20/25

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu $f_{ct} = 2.20 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_{cm} = 29000.00 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E = 200000.00 \text{ MPa}$

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E = 200000.00 \text{ MPa}$

Geometrie konstrukce

Typ základu: excentrická patka

Délka patky $x = 4.20 \text{ m}$

Šířka patky $y = 2.00 \text{ m}$

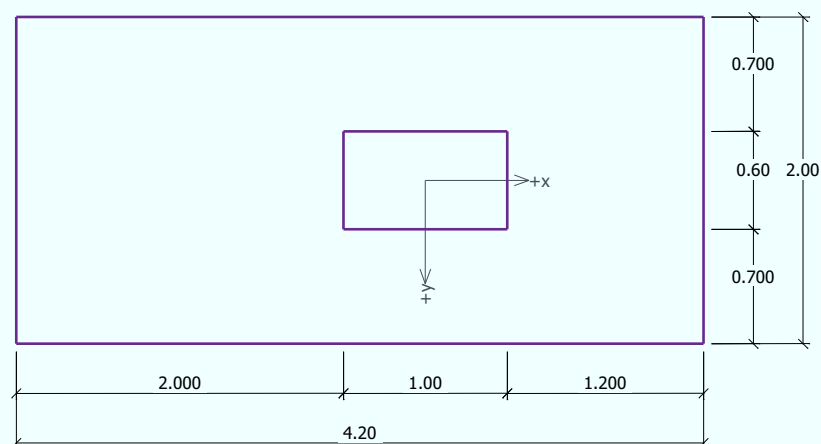
Šířka sloupu ve směru x $c_x = 1.00 \text{ m}$

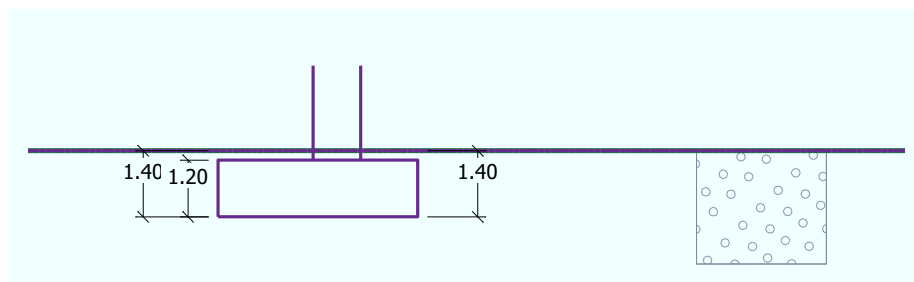
Šířka sloupu ve směru y $c_y = 0.60 \text{ m}$

Objem patky $= 10.08 \text{ m}^3$

Vzdál. osy sloupu od kraje patky ve směru x $= 2.50 \text{ m}$

Vzdál. osy sloupu od kraje patky ve směru y $= 1.00 \text{ m}$





Posouzení

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$$\phi_d = 29.711^\circ$$

$$c_d = 0.000 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{1\text{prum}} = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{1\text{prum}} = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

$$b_{\text{ef}} = 1.208 \text{ m}$$

$$N_d = 17.808$$

$$N_c = 29.455$$

$$N_b = 19.183$$

$$s_d = 1.299$$

$$s_c = 1.317$$

$$s_b = 0.819$$

$$d_d = 1.000$$

$$d_c = 1.000$$

$$d_b = 1.000$$

$$i_d = 0.714$$

$$i_c = 0.708$$

$$i_b = 0.580$$

$$b_d = 1.000$$

$$b_c = 1.000$$

$$b_b = 1.000$$

$$g_d = 1.000$$

$$g_c = 1.000$$

$$g_b = 1.000$$

$$R_d = 543.902 \text{ kPa}$$

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivějších zatěžovacích stavů.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 231.84 \text{ kN}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 31.20 \text{ kN}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 3.88 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 12.88 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 543.90 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 352.98 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 15.30 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 35.50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0.00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 502.07 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 160.00 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 231.84 \text{ kN}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 31.20 \text{ kN}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{0L} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	1.40	1.45	0.05	95.00	27.08	128.48	0.05
2	1.45	1.50	0.05	95.00	28.03	125.27	0.05
3	1.50	1.55	0.05	95.00	28.98	118.12	0.05
4	1.55	1.60	0.05	95.00	29.93	108.73	0.04
5	1.60	1.65	0.05	95.00	30.88	99.23	0.04
6	1.65	1.70	0.05	95.00	31.83	90.72	0.04
7	1.70	1.80	0.10	95.00	33.25	80.71	0.06
8	1.80	1.90	0.10	95.00	35.15	70.31	0.05
9	1.90	2.00	0.10	95.00	37.05	62.76	0.05
10	2.00	2.10	0.10	95.00	38.95	56.99	0.04
11	2.10	2.20	0.10	95.00	40.85	52.34	0.04
12	2.20	2.30	0.10	95.00	42.75	48.44	0.03
13	2.30	2.55	0.25	95.00	46.08	43.04	0.06
14	2.55	2.80	0.25	95.00	50.83	36.62	0.05
15	2.80	3.05	0.25	95.00	55.58	31.55	0.03
16	3.05	3.30	0.25	95.00	60.33	27.43	0.02
17	3.30	3.55	0.25	95.00	65.08	24.02	0.01
18	3.55	3.69	0.14	95.00	68.78	21.76	0.00

Výpočet proveden za vyloučení tahu.
Rozměry patky po vyloučení tažených okraji:

Délka patky (x) = 2.25 m

Šířka patky (y) = 2.00 m

Sednutí středu hrany x - 1 = 0.6 mm

Sednutí středu hrany x - 2 = 0.6 mm

Sednutí středu hrany y - 1 = 1.1 mm

Sednutí středu hrany y - 2 = -1.0 mm

Sednutí středu základu = 1.2 mm

Sednutí charakterist. bodu = 0.7 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 95.00$ MPa

Základ je ve směru délky tuhý ($k=7.12$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=65.94$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0.7 mm

Hloubka deformační zóny = 2.29 m

Natočení ve směru x = 0.501 ($\tan \cdot 1000$)

Natočení ve směru y = 0.000 ($\tan \cdot 1000$)

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

Profil vložky = 20.0 mm

Počet vložek = 13

Krytí výztuže = 45.0 mm

Šířka průřezu = 2.00 m

Výška průřezu = 1.20 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.18 \% > 0.13 \% = \rho_{\min}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1974.04 \text{ kNm} > 1318.65 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

Tloušťka patky je větší než max. vyložení, výztuž není nutná.

Posouzení patky na protlačení

Normálová síla v sloupu = 590.00 kN

Síla přenesená roznášením do zákl.půdy = 477.62 kN

Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 112.38 kN

Maximální posouvající síla $V_{Ed} = 106.57 \text{ kN/m}$

Obvod kritického průřezu $u_{cr} = 8.00 \text{ m}$

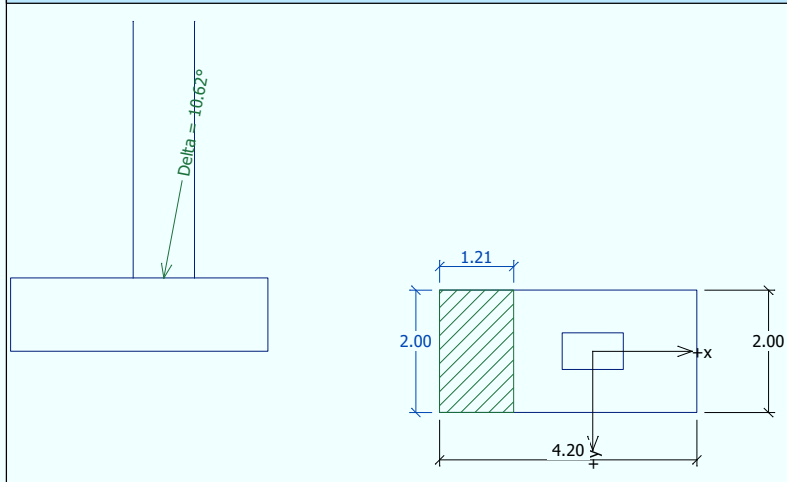
Pos.síla přenášená betonem $V_{Rd,c} = 313.89 \text{ kN/m}$

$V_{Ed} < V_{Rd,c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Patka na protlačení VYHOVUJE

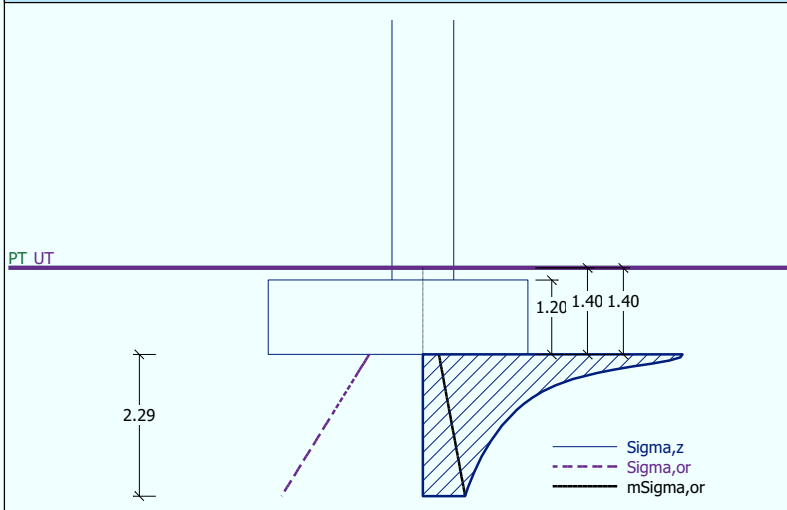
Název : 1.MS

Fáze - výpočet : 1 - 1



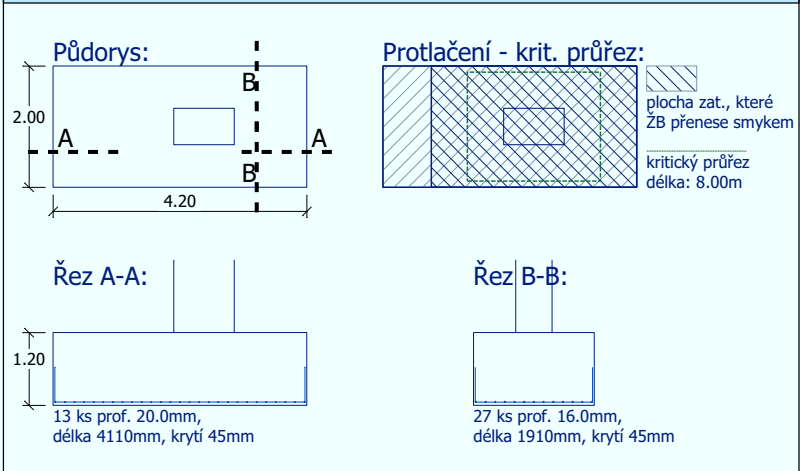
Název : 2.MS

Fáze - výpočet : 1 - 1



Název : Dimenzování

Fáze - výpočet : 1 - 1



11.2. Centricky zatížená patka

Typ výpočtu - Výpočet pro odvodněné podmínky

Výpočet svislé únosnosti - EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

Výpočet sednutí - Výpočet pomocí oedometrického modulu (ČSN 73 1001)

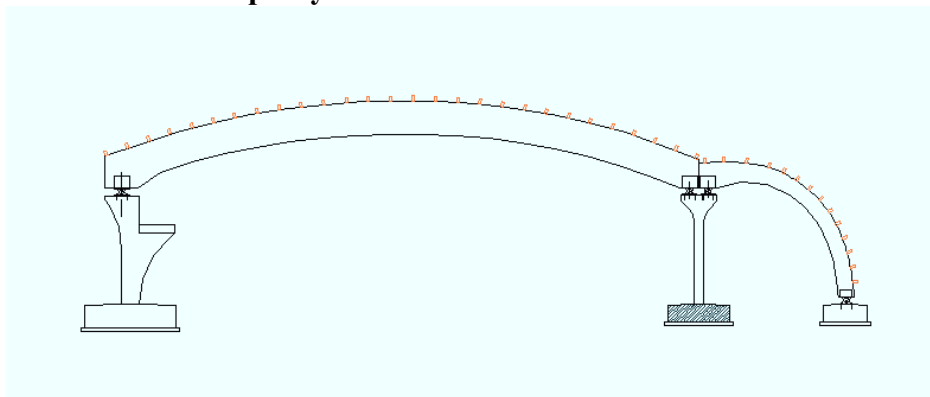
Omezení deformační zóny - pomocí strukturní pevnosti

Metodika posouzení : automatický výpočet podle EN 1997

Zadání koeficientů : Standard

Návrhový přístup : 3 - redukce zatížení GEO, STR a materiálu

Schéma umístění patky



Vnitřní síly

Číslo	Zatížení nové změna	Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
1	ANO	Zatížení č. 1	Výpočtové	460.00	0.00	358.00	-49.00	0.00
2	ANO	Zatížení č. 1 - provozní	Provozní	340.74	0.00	265.19	-36.30	0.00

Součinitel redukce zatížení (F)	Souč.	Stav STR [-]		Stav GEO [-]	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení	γ _G	1,35	1,00	1,00	1,00
Součinitel redukce materiálu (M)				Souč.	[-]
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření				γ _φ	1,25
Součinitel redukce efektivní soudržnosti				γ _c	1,25
Součinitel redukce <u>neodv.</u> smykové pevnosti				γ _{cu}	1,40

Průřezové + materiálové charakteristiky

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída G3, ulehlá		35.50	0.00	19.00	11.00	

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Parametry zemín

Třída G3, ulehlá

Objemová tíha :	γ	=	19,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	35,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	0,00 kPa
Edometrický modul :	E_{oed}	=	114,00 MPa
Koef. strukturní pevnosti :	m	=	0,30
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m ³

Založení

Typ základu: centrická patka

Hloubka založení	h_z	=	1.20 m
Hloubka upraveného terénu	d	=	1.20 m
Tloušťka základu	t	=	0.80 m
Sklon upraveného terénu	s_1	=	0.00 °
Sklon základové spáry	s_2	=	0.00 °
Objemová tíha zeminy nad základem = 20.00 kN/m ³			

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992 1-1 (EC2).

Beton : C 20/25

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20.00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu $f_{ct} = 2.20 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_{cm} = 29000.00 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E = 200000.00 \text{ MPa}$

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti

$E = 200000.00 \text{ MPa}$

Geometrie konstrukce

Typ základu: centrická patka

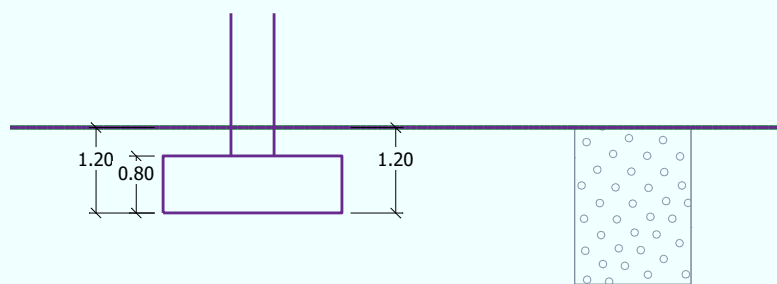
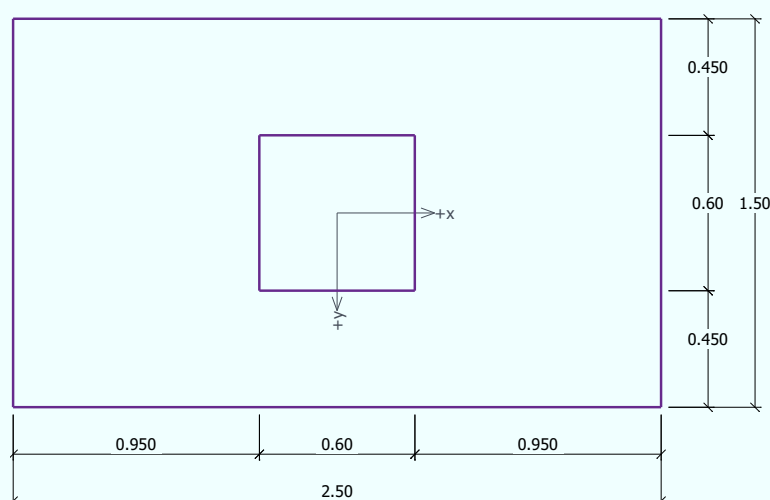
Délka patky $x = 2.50 \text{ m}$

Šířka patky $y = 1.50 \text{ m}$

Šířka sloupu ve směru x $c_x = 0.60 \text{ m}$

Šířka sloupu ve směru y $c_y = 0.60 \text{ m}$

Objem patky $= 3.00 \text{ m}^3$



Posouzení

Výpočet 1.MS - mezivýsledky

$$\phi_d = 29.711^\circ$$

$$c_d = 0.000 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{1\text{prum}} = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{1\text{prum}} = 19.000 \text{ kN/m}^3$$

$$b_{\text{ef}} = 1.072 \text{ m}$$

$$N_d = 17.808$$

$$N_c = 29.455$$

$$N_b = 19.183$$

$$s_d = 1.354$$

$$s_c = 1.375$$

$$s_b = 0.786$$

$$d_d = 1.000$$

$$d_c = 1.000$$

$$d_b = 1.000$$

$$i_d = 0.864$$

$$i_c = 0.861$$

$$i_b = 0.788$$

$$b_d = 1.000$$

$$b_c = 1.000$$

$$b_b = 1.000$$

$$g_d = 1.000$$

$$g_c = 1.000$$

$$g_b = 1.000$$

$$R_d = 595.976 \text{ kPa}$$

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivějších zatěžovacích stavů.

$$\text{Spočtená vlastní tíha patky } G = 69.00 \text{ kN}$$

$$\text{Spočtená tíha nadloží } Z = 27.12 \text{ kN}$$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Parametry smykové plochy pod základem:

Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 2.91 \text{ m}$

Dosah smykové plochy $l_{sp} = 9.66 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 595.98 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 346.00 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

Zemní odpor: klidový

Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 7.65 \text{ kN}$

Úhel tření základ-základová spára $\psi = 35.50^\circ$

Soudržnost základ-základová spára $a = 0.00 \text{ kPa}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 324.99 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 49.00 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 69.00 \text{ kN}$

Spočtená tíha nadloží $Z = 27.12 \text{ kN}$

Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

⊕ Sednutí a natočení základu - mezivýsledky

Vrstva a čís.	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_{def} [MPa]	σ_{dc} [kPa]	$\Delta\sigma_z$ [kPa]	Sednutí [mm]
1	1.20	1.25	0.05	95.00	23.28	144.33	0.06
2	1.25	1.30	0.05	95.00	24.23	137.61	0.06
3	1.30	1.35	0.05	95.00	25.18	124.85	0.05
4	1.35	1.40	0.05	95.00	26.13	110.84	0.05
5	1.40	1.45	0.05	95.00	27.08	98.67	0.04
6	1.45	1.50	0.05	95.00	28.03	88.89	0.04
7	1.50	1.60	0.10	95.00	29.45	78.32	0.06
8	1.60	1.70	0.10	95.00	31.35	67.71	0.05
9	1.70	1.80	0.10	95.00	33.25	60.07	0.04
10	1.80	1.90	0.10	95.00	35.15	54.11	0.04
11	1.90	2.00	0.10	95.00	37.05	49.19	0.03
12	2.00	2.10	0.10	95.00	38.95	44.98	0.03
13	2.10	2.35	0.25	95.00	42.28	39.09	0.06
14	2.35	2.60	0.25	95.00	47.03	32.17	0.04
15	2.60	2.85	0.25	95.00	51.78	26.87	0.02
16	2.85	3.10	0.25	95.00	56.53	22.73	0.01
17	3.10	3.29	0.19	95.00	60.67	19.82	0.00

Výpočet proveden za vyloučení tahu.
Rozměry patky po vyloučení tažených okrajů:

Délka patky (x) = 1.73 m

Šírka patky (y) = 1.50 m

Sednutí středu hrany x - 1 = 0.6 mm

Sednutí středu hrany x - 2 = 0.6 mm

Sednutí středu hrany y - 1 = 1.0 mm

Sednutí středu hrany y - 2 = -0.5 mm

Sednutí středu základu = 1.1 mm

Sednutí charakterist. bodu = 0.7 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 95.00$ MPa

Základ je ve směru délky tuhý ($k=10.00$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=46.31$)

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 0.7 mm

Hloubka deformační zóny = 2.09 m

Natočení ve směru x = 0.591 (\tan^*1000)

Natočení ve směru y = 0.000 (\tan^*1000)

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

Profil vložky = 16.0 mm

Počet vložek = 9

Krytí výztuže = 45.0 mm

Šířka průřezu = 1.50 m

Výška průřezu = 0.80 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.16 \% > 0.13 \% = \rho_{\min}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 572.24 \text{ kNm} > 293.52 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

tloušťka patky je větší než max. vyložení, výztuž není nutná.

Posouzení patky na protlačení

Normálová síla v sloupu = 460.00 kN

Síla přenesená roznášením do zákl.půdy = 404.80 kN

Síla přenášená smykovou pevností ŽB = 55.20 kN

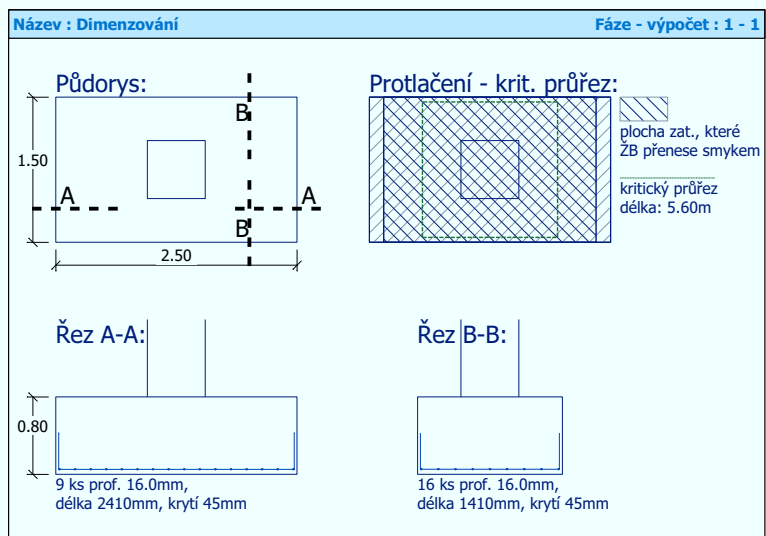
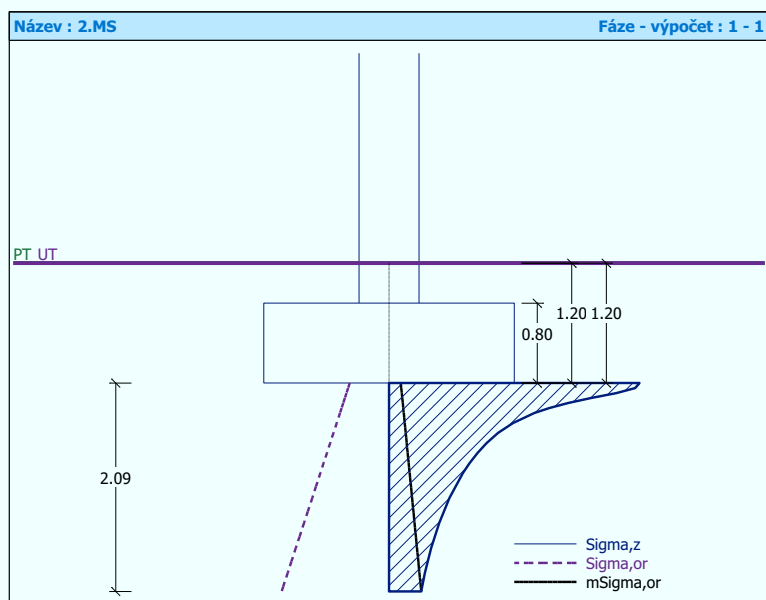
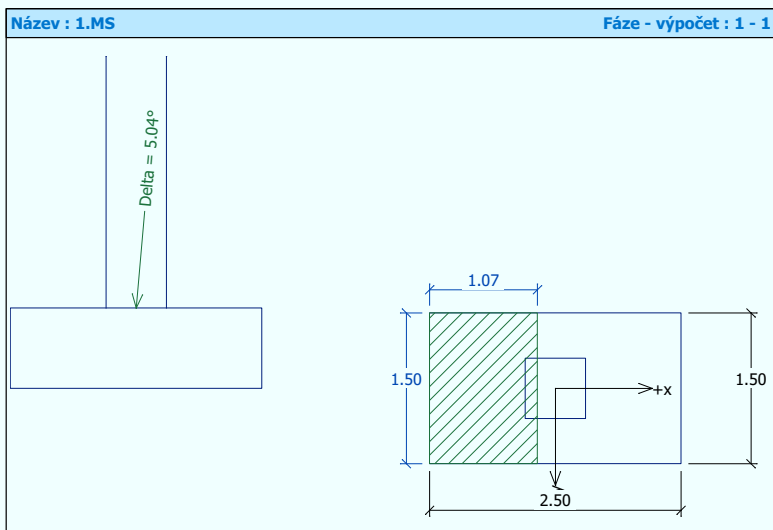
Maximální posouvající síla $V_{Ed} = 60.52 \text{ kN/m}$

Obvod kritického průřezu $u_{cr} = 5.60 \text{ m}$

Pos.síla přenášená betonem $V_{Rd,c} = 230.04 \text{ kN/m}$

$V_{Ed} < V_{Rd,c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Patka na protlačení VYHOVUJE



Příloha č. 2

Technické listy

Hliníkový střešní systém Kalzip®

Základní technické informace a detaily



Technické a obchodní poradenství pro
Českou republiku a Slovensko

ING. EVA ŠANOVCOVÁ
CEJL 20, 602 00 BRNO

TEL.: 545 117 440
FAX: 545 117 455
MOBIL: 737 272 691
E-MAIL: kalzip@ok.cz
www.kalzip.com

Kalzip® - hliníkový střešní systém se stojatou drážkou

Firma **Corus Bausysteme**, která je součástí nadnárodní skupiny Corus, je výrobcem hliníkových střešních profilů **Kalzip®**. Rádi bychom vám nyní systém Kalzip® blíže představili.

Hliník se jako stavební materiál začal prosazovat již před více než 100 lety. První hliníkové střechy pocházejí z konce 19. století a zdá se, že bez úhony přečkaly vstup do 21. století. Skutečně široké využití hliníku jako stavebního materiálu nastává v 50. letech minulého století.

Do této doby také spadají americké začátky našeho profilu. Šlo o první profily z hliníkového plechu se stojatou drážkou. Tato drážka umožňuje jednak dokonalé vodotěsné spojení profilů navzájem pomocí tzv. zipování, jednak osazení profilů na tzv. klipsy, které umožňují střeše jako celku přenášet pohyb, nastávající v důsledku tepelné dilatace. Tento princip byl přenesen v 60. letech i do Evropy, kde je nadále rozvíjen a zdokonalován do podoby, kterou nabízí dnes Kalzip®. Doposud bylo realizováno 35 milionů m² střech na celém světě.

Popis systému Kalzip®

Pokud se týká nosné podkladní konstrukce, je Kalzip® nenáročným systémem, tzv. bezvaznicovým. Nejvhodnějšími podklady pro něj jsou např. nosný ocelový trapézový plech (nejlépe kladený kolmo na spád střechy) nebo dřevěné bednění. Do těchto podkladů jsou pak upevňovány klipsy, na které jsou osazovány jednotlivé profily Kalzip®. Pro dosažení dokonalé vodotěsnosti jsou stojaté drážky v závěru uzavřeny pomocí jednoduchého elektrického přístroje, tzv. zipováním. Tento spoj je možno i několikrát otevřít a opět zavřít. Samozřejmě, že v celé skladbě střechy nesmí chybět kvalitní parotěsná vrstva a tepelná izolace (nejlépe skelná nebo minerální vlna). Typické skladby střech Kalzip® jsou patrné z přiložených obrázků.

Kalzip® nejsou pouze jednotlivé profilované plechy se stojatou drážkou. Kalzip® je kompletní systém pro celou střechu. K samozřejmostem patří vyřešení všech detailů střechy – závětrných lišt, hřebene střechy, okapů, prostupů střešním pláštěm, osazení oken a světlíků, uchycení kabelů i sněhové zábrany. Pro tyto účely disponuje Kalzip® širokou škálou příslušenství a doplňků.



Kalzip® - hliníkový střešní systém se stojatou drážkou

Možnosti tvarování profilů Kalzip®

Hlavní předností systému Kalzip® jsou jeho prakticky **NEOMEZENÉ MOŽNOSTI TVAROVÁNÍ**. Z fotografií našich realizovaných staveb lze vysledovat, že Kalzip® může být:

- rovný
- ohýbaný – konkávně
 - konvexně
 - s jedním či více poloměry
- kónický - rovný
- ohýbaný

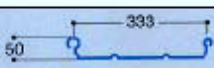
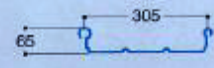
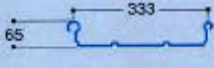
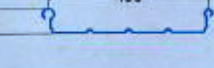

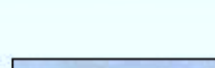
Tyto technické parametry otvírají zejména architektům nové možnosti při volbě tvarů střech, jakých nebylo možno dosáhnout při použití jiných materiálů.

Další velmi podstatnou výhodou systému Kalzip® je možnost přenášet pohyby střechy jako celku v důsledku její **TEPELNÉ DILATACE**. Tohoto efektu je dosaženo tím, že je předem zvolena pouze jediná linie pevných bodů na celé střeše. Na zbytku střechy jsou pásy profilů Kalzip® ukládány kluzně do klips. Rovněž je třeba uvést, že profily Kalzip® jsou vyráběny většinou **V JEDNOM KUSU PO CELÉ DÉLCE**. Pokud přepravní podmínky neumožní dovézt profilovaný Kalzip®, přijede profilovací stroj ROLL-FORMER na stavbu. Profily Kalzip® jsou pak vyráběny přímo na místě a z ústí stroje jsou osazovány přímo na střechu.

Dále je nutno zmínit, že systém Kalzip® je dodáván s povrchovou úpravou přirozený hliník nebo v barvách RAL. Je vyráběn z vysoce kvalitní slitiny s odolnou povrchovou vrstvou, nepodléhá žádné korozi, nevyžaduje prakticky žádnou údržbu, je plně recyklovatelný a je velmi lehký.

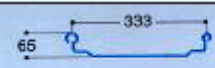
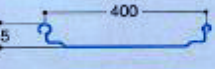
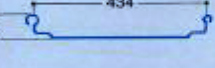
Závěrem bychom chtěli zdůraznit, že systém Kalzip® obdržel od VÚPS Praha **certifikát** a PAVUS Praha jej zařadil podle své zkušební metodiky do kategorie A, vhodný pro požárně nebezpečné prostory.

Výrobní program Kalzip®

Kalzip® 50/333		1,2 1,0 0,9 0,8 0,7
Kalzip® 65/305		1,2 1,0 0,9 0,8 0,7
Kalzip® 65/333		1,2 1,0 0,9 0,8 0,7
Kalzip® 65/400		1,2 1,0 0,9 0,8 0,7
Kalzip® 65/500 *)		1,2 1,0 0,9
Kalzip® 65/600 *)		1,2 1,0 0,9

Výrobní řada profilů Kalzip®

Výrobní řada profilů Kalzip® AF

Kalzip® AF 65/333 *)		1,2 1,0 0,9 0,8 0,7
Kalzip® AF 65/400 *)		1,2 1,0 0,9 0,8 0,7
Kalzip® AF 65/434 *)		1,2 1,0 0,9 0,8 0,7

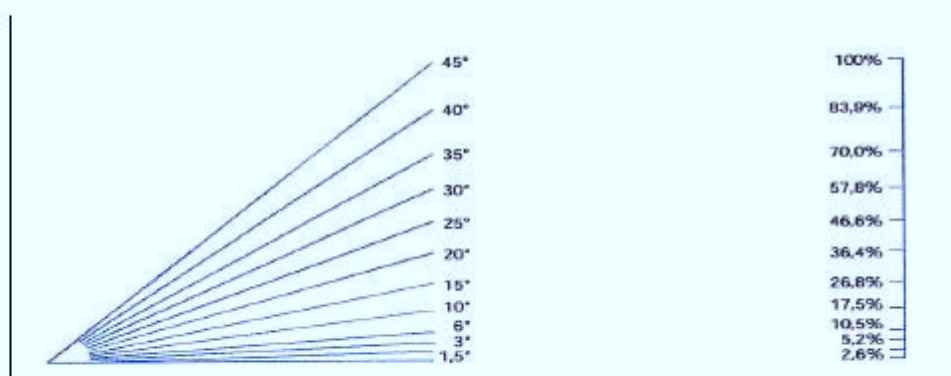
*) Profily se používají pouze na tvrdou tepelnou izolaci

Výrobce doporučuje pro běžné použití tloušťky od 0,9 mm do 1,2 mm

Minimální spády střech Kalzip®

Spád střechy
ve stupních

v procentech



Minimální spády v závislosti na tvaru střechy

PLYNULÁ STŘECHA OD HŘEBENE KE ŽLABU 1,5°*

PLYNULÁ STŘECHA OD ŽLABU KE ŽLABU 1,5°*

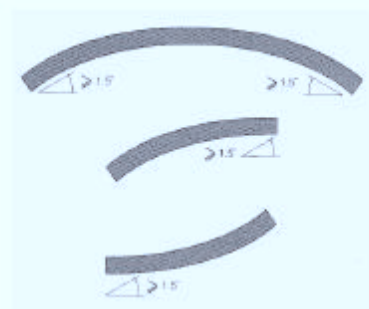
SVAŘOVANÉ PŘESAHY 1,5°

SVAŘOVANÉ PROSTUPY STŘECHOU 1,5°

TMELENÉ A NÝTOVANÉ PŘESAHY 3°

TMELENÉ A NÝTOVANÉ PROSTUPY STŘECHOU 3°

* MINIMÁLNÍ POŽADAVKY NA SPÁD MUSÍ BÝT
DODRŽENY NA KONCI PROFILU



Možnosti ohýbání profilů Kalzip®

Přirozený průhyb profilů Kalzip®

Profilů Kalzip® mohou být ohýbány přímo na stavbě na následující minimální poloměry, které závisí na tloušťce materiálu.

PROFIL KALZIP®	TLOUŠŤKA	DOPORUČENÁ VZDÁLENOST PODPOR L	KONVEXNÍ POLOMĚR R	KONKÁVNÍ POLOMĚR R
(mm)	(mm)	(mm)	(m)	(m)
305	0,9	1600	40	45
-	1	1800	45	50
400	1,2	2000	52	60



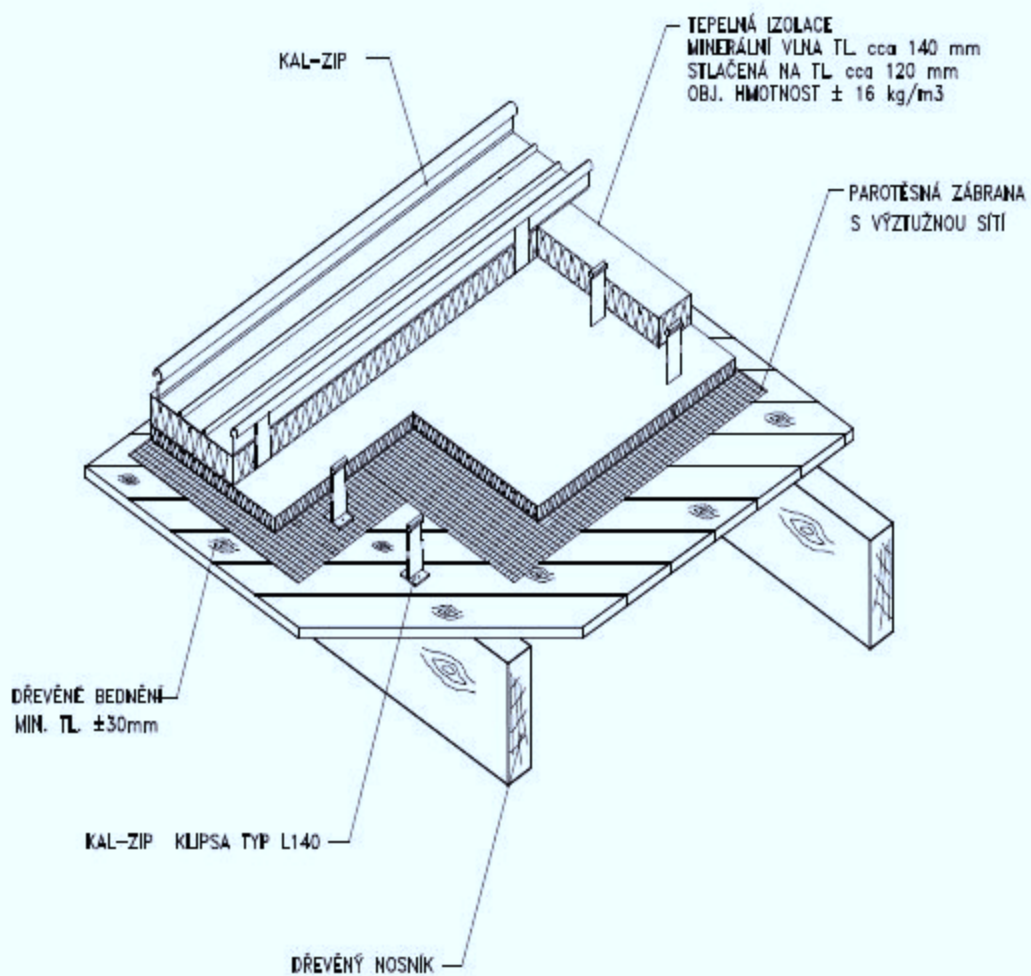
Podle českých zvyklostí je konkávní a konvexní tvar křivky označován přesně naopak! Pro poloměry, kterých nelze dosáhnout přirozeným průhybem, platí následující tabulka výrobních možností ohýbání profilů Kalzip®.

Možnosti hladkého ohýbání profilů Kalzip® ve výrobě

TVAR PROFILU KALZIP®		KRYCÍ ŠÍŘKA	MIN. DÉLKA PROFILU	TLOUŠŤKA (mm)		
				0,9	1,0	1,2
		(mm)	(mm)	POLOMĚRY (m)		
ROVNÝ	KONVEXNÍ	300	1500	6,0	2,4	1,5
	KONVEXNÍ	300-600	1500	16,0	4,0	11,0
	KONKÁVNÍ	300-600	1500	8,0	8,0	8,0
KÓNICKÝ	KONVEXNÍ	240-480	1500	16,0	12,0	11,0
	KONKÁVNÍ	240-280	1500	8,0	8,0	8,0

Skladby střech Kalzip®

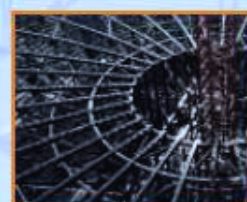
Dřevěné bednění



Tension Systems

Systém konstrukčních táhel Macalloy:

- Macalloy 460 ocelová táhla
- Macalloy S460 táhla z nerezové oceli
- Macalloy spojovací tyčové a lanové systémy z nerezové oceli
- Předpínání pomocí zařízení Macalloy TechnoTensioner



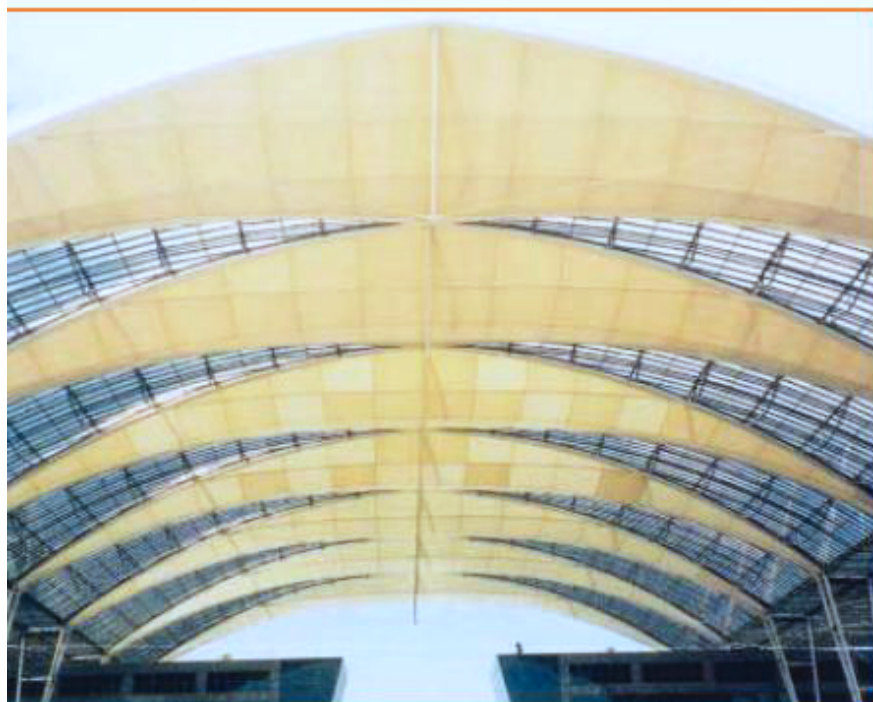
Macalloy

Systémy konstrukčních táhel

Řady konstrukčních táhel

Standardní řadu společnosti Macalloy tvoří systémy:

- táhla z uhlíkové oceli Macalloy 460
- táhla z nerezové oceli Macalloy S460
- spojovací systém táhel Macalloy z nerezové oceli
- spojovací lanový systém Macalloy (lanový systém z nerezové oceli)



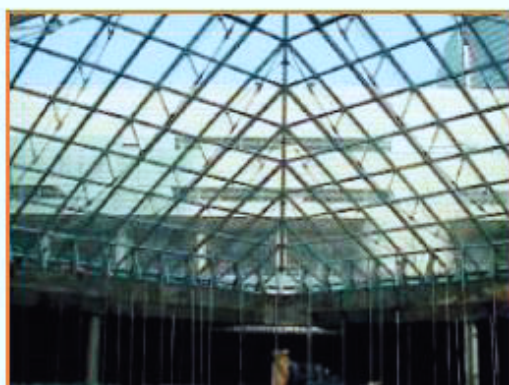
Mnichovské letištní středisko (MAC)

Architekt:
Murphy Jahn

Projektanti:
Ove Arup & Partner

Dodávka ocelové konstrukce:
Stahlbau Wolf / Helmut
Fischer

Společnost Macalloy může navíc nabídnout i systémy přizpůsobené na míru, které vyhoví pro jakoukoliv aplikaci. Náš technický tým je vždy připraven pomoci vám při vývoji nových konstrukcí a umožní vám realizovat vaše projektové požadavky.



Korejské Světové obchodní středisko

Architekt:
WS Atkins

Projektant:
WS Atkins / Macalloy

Dodavatel:
Kyungnam Metal Co. Ltd.

Systém konstrukčních táhel Macalloy 460

Systém ocelových konstrukčních táhel Macalloy 460

Systém Macalloy 460 je založen na ocelových tyčích z jemnozrnné uhlíkové oceli s mezí kluzu 460 MPa. Díky tomu je systém přibližně o 30 % únosnější než systémy z oceli S355, což umožňuje použití menších průměrů prvků při stejném zatížení.

Tyče

Tyč Macalloy 460 má následující mechanické vlastnosti:

mezí kluzu	460 MPa
mezí pevnosti	610 MPa
minimální tažnost	19%
min. hodnota vrub. houževnatosti	27J @ -20 °C
modul pružnosti	205x10 ⁹ MPa

Je vyrobena ze svařitelné oceli s maximálním uhlíkovým ekvivalentem 0,55 %, takže svařování obloukem může být provedeno za použití standardních technik a nízkovodíkových elektrod.

Do průměru M16 včetně jsou tyče dodávány v maximální délce 6 m. Pro průměry M20 až M100 je maximální délka tyče 11,950 m. Na objednávku je možno vyrobit i delší tyče, ale odběratel musí počítat s delší dodací lhůtou.

Společnost Macalloy je schopna na vyžádání dodat konstrukční systém táhel i z oceli vyšších pevností, než jsou oceli s mezí kluzu 460 MPa, a to včetně komponentů s únosností odpovídající únosnosti táhel.

Komponenty

Společnost Macalloy nabízí řadu standardních komponentů: vidlicové nebo klínové koncovky, čepy, spojky a napínáky. Všechny komponenty jsou navrženy a zkonstruovány tak, aby vyhověly únosnosti tyče.

Koncovky jsou navrženy pro připojení na plech jakosti S355. Potřebné rozměry plechu jsou uvedeny v tabulce 2. Dodržení těchto rozměrů zajišťí plnohodnotný styk.

Klínové koncovky jsou navrženy jako protikus k vidlicovým koncům. Lze je také připojit mezi dva plechy kvality S355, které mohou spojení s vidlicovou koncovkou nahradit.

Čepy připojují koncovky k základní konstrukci a mohou být zajištěny buď pojistnými kroužky nebo architektonickými krytkami.

Kónické pojistné matice působí jako kontramatice, zajišťující táhlo a ostatní komponenty ve správné poloze, a současně zakrývají závit na vlastní tyči. Kónické pojistné matice také zajišťují estetický a hladký přechod od komponentu k vlastní tyči. Mohou být použity na libovolné straně napínáku nebo spojky a na zadním konci vidlicové nebo klínové koncovky.

Spojky a napínáky představují snadný způsob, jak spojit dvě nebo více tyčí, když jsou táhla delší než maximální délka tyče. Napínáky mohou být dále používány k vnesení požadovaného předpětí do táhla a to za použití zařízení Macalloy TechnoTensioner (podrobněji popsáno v samostatné kapitole).

Komponenty na zakázku

S ohledem na technicky stále náročnější projekty a požadavky investorů, architektů a projektantů je možné vyrobit i speciální (např. spojovací) kusy na zakázku. Technici firmy jsou připraveni na vývoji těchto speciálních kusů se zákazníky spolupracovat.

Připustné odchylky a rektifikace

Připustné délkové tolerance při řezání pro tyče jsou ±6 mm pro průměry menší než 72 mm a ±25 mm pro větší průměry. Možnost rektifikace délky táhla v závitu je u každé vidlicové nebo klínové koncovky:

- M10 až M56: ± 1 průměru závitu
- M64 až M100: ± 25 mm

Další rektifikaci délky umožňují napínáky:

- M10 až M24: ± 25 mm
- M30 až M100: ± 50 mm

Systém konstrukčních táhel Macalloy 460

Ochrana proti korozi

Ve většině případů vyžaduje systém Macalloy 460 antikorozi ochranu. Druh ochrany se řídí typem korozního prostředí, jemuž je systém vystaven, požadavky na vzhled a finálními možnostmi. Mezi nejběžnější systémy ochrany, které jsou k dispozici, patří nátěry a galvanizace.

K zajištění spojitosti protikorozi ochrany po celém prvku je nutné věnovat specifickou péči koncovým spojům a spojům vytvořených spojkami. Proto se doporučuje utěsnit veškeré kónické pojistné matice vhodným těsnícím materiálem. Přesná specifikace je k dispozici na vyžádání.

Únava

Válcované závitů zaručují minimální oslabení průřezové plochy tyče. Navíc při jejich výrobě (na rozdíl od závitů řezaných) nedochází k narušení materiálu vruby a tak vykazují výrobky Macalloy vynikající odolnost proti únavě.

Schválení

Systém Macalloy 460 byl testován Technickým zkušebním ústavem stavebním Praha, s.p. a schválen v souladu s nařízením vlády č. 163/2002 Sb. pro použití v České republice pod č. 010-010789.

Systém vyhovuje normám

ČSN 73 1401, ČSN EN 1993-1-1 "Navrhování ocelových konstrukcí" a ČSN EN 1090-1 "Provádění ocelových konstrukcí".

Systém konstrukčních táhel Macalloy S460 z nerezové oceli

Macalloy S460 představuje konstrukční systém táhel v provedení austenitická/duplexní* nerezová ocel. Stejně jako systém Macalloy 460 má minimální mez kluzu 460 MPa. Standardně je dodáván v průměrech M10 až M56, ale jako zvláštní položku ho společnost Macalloy dodá i ve větších průměrech (dosud největší průměr byl M76).

*Tělese sad čepů nad SPA24 mohou být z martenzitické nerezové oceli.

Tyč

Mechanické vlastnosti nerezové tyče Macalloy S460 jsou následující:

mez kluzu	460 MPa
mez pevnosti	610 MPa
minimální tažnost	15 %
modul pružnosti	190 x 10 ⁹ MPa

Použitá austenitická nerezová ocel má vynikající vlastnosti vrubové houževnatosti. V případě potřeby může být systém Macalloy S460 vyroben na zakázku také z nerezového materiálu s vyšší pevností, po přidání odpovídajících přísad.

Tyče jsou standardně dodávány v délkách do 7,5 m pro všechny průměry.

Komponenty

S výjimkou kónické pojistné matice jsou veškeré nerezové komponenty rozměrově stejné jako v provedení se standardní ocelí.

Styčnickové plechy pro nerez S460

Vidlicovou koncovku lze připojovat buď k styčnickovým plechům z oceli, nebo z nerezové oceli za použití materiálu s pevností odpovídající oceli S355.

Jestliže jsou použity styčnickové plechy z uhlíkové oceli, doporučujeme použít izolační rukávy a podložky pro zamezení bimetalické koroze. V takových případech by měly být dodrženy rozměry podle styčnickového plechu B v tabulce 2. Při vyžádání ceny si také laskavě vyberte vhodné izolační rukávy a podložky.

Konečná úprava

Veškeré nerezové tyče a komponenty mají povrch Grit 220 (N3), leštěná úprava. V případě požadavku je možná i jiná povrchová úprava.

Napínání pomocí zařízení Macalloy TechnoTensioner

Společnost Macalloy byla vždy na vysoké technické úrovni v oblasti konstrukčních systémů předpjatých táhel a byla průkopníkem ve vývoji metod jejich předpinání. Její pracovníci si již dlouho uvědomovali potřebu měření velikosti předpětí v táhle a proto bylo vyvinuto pro praktické použití patentované zařízení Macalloy TechnoTensioner.

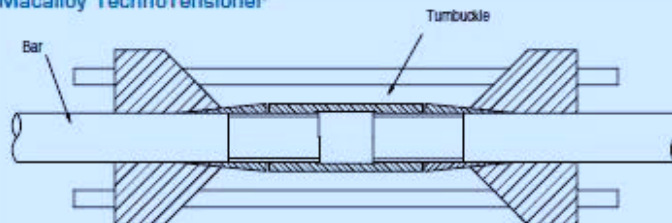
Hydraulická napínací jednotka může být umístěna na standardní napínákový spoj a je připravena na konickou pojistnou matici po obou stranách napínáku. Pomocí zařízení TechnoTensioner je pak do táhla vneseno předpětí, měřitelné s přesností $\pm 2,5\%$.

Zařízení TechnoTensioner je možno v případě potřeby pronajmout. Nutnou podmínkou jeho použití je ale dozor specialisty, vyškoleného přímo firmou Macalloy.



Zařízení TechnoTensioner na londýnském mostě Millennium Bridge, VB

Macalloy TechnoTensioner



Předpinací systém byl původně vyvinut pro projekt BB Wood Street v Londýně v roce 1997. Od té doby byl úspěšně použit na četných projektech po celém světě např. u staveb:

- Multifunkční aréna Sazka v Praze
- londýnský most Millennium Bridge, VB
- mnichovské letištní středisko, Německo
- Terminal 2 mnichovského letiště, Německo
- most ve Wroclawě, Polsko
- budova Rady Tsing Yi, Hong Kong

- hlavní tribuna Newmarket, VK
- stadion Millennium Stadium, Cardiff, VB
- nádraží Flintholm, Dánsko
- pěší most v Dorenez, Švýcarsko
- pěší most River Tees, Stockton, VB
- velký dvůr Arundel, Londýn, VB
- Mid City Place, Londýn, VB
- centrum Deansgate Centre, Manchester, VB

Důležitá poznámka: pro nerezové systémy by TechnoTensioner měl být používán pouze po konzultaci se společností Macalloy.

Expo 2000 Brucken, Hannover

Foto:
Jurgen Schmidt

Architekt:
grp, von Gerkan, Marg & Partner

Projektant:
Schleich, Bergermann & Partner

Dodavatel ocelové konstrukce:
Noell Stahl- und Maschinenbau GmbH



Tabulka 1: Vlastnosti táhel Macalloy ve standardním provedení a v nerez provedení

Zevř.	jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90*	M100*
Průměr táhla	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	97	97
Minimální mez kluzu	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172
Minimální mez pevnosti	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2968	3358	4206
Hmotnost táhla	Kg/m	0,50	0,75	1,40	2,20	3,00	4,80	7,10	9,40	12,50	16,70	22,20	32,00	41,50	46,70	58,00



Macalloy 460

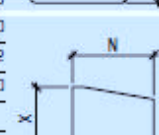
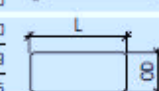
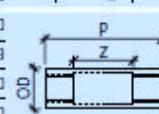
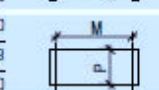
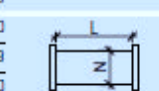
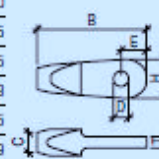
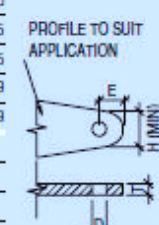
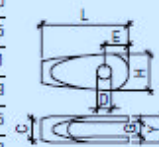
– systém konstrukčních táhel

Tabulka 2: Rozměrové parametry systému táhel Macalloy 460

Závít	Jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
Koncovka		FA10	FA12	FA16	FA20	FA24	FA30	FA36	FA42	FA48	FA56	FA64	FA76	FA85	FA90	FA100
L	mm	63	75	99	122	148	179	204	232	266	314	348	410	459	489	555
G (min)	mm	11	12	15	19	24	28	34	39	44	49	59	76	78	86	91
C Dia.	mm	17	19	25	29	35	44	52	60	69	80	91	108	121	129	143
D Dia.	mm	11,5	13	17	21,4	25,5	31,5	37,5	43,5	49,5	57,5	65,5	79,5	91,5	96,5	111,5
E	mm	18	22	29	34	42	53	61	70	81	97	111	132	153	162	189
Y	mm	20	22	28	37	44	50	64	75	87	97	115	148	154	169	174
H	mm	30	34	45	53	64	81	94	109	123	147	169	201	236	248	289
Styčkový plech A*		GPA10	GPA12	GPA16	GPA20	GPA24	GPA30	GPA36	GPA42	GPA48	GPA56	GPA64	GPA76	GPA85	GPA90	GPA100
T (souška mat.)	mm	10	10	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	70	80	85
D	mm	11,5	13	17	21,5	25,5	31,5	37,5	43,5	49,5	57,5	65,5	79,5	91,5	96,5	111,5
E	mm	18	22	29	34	42	53	62	71	81	97	111	132	153	162	189
H (min)	mm	30	34	45	53	63	81	95	109	123	147	169	201	236	248	289
Styčkový plech B**		GPB10	GPB12	GPB16	GPB20	GPB24	GPB30	GPB36	GPB42	GPB48	GPB56					
T (souška mat.)	mm	9	9	12	15	20	22	30	35	45	52					
D	mm	15,5	17	21	25,5	30	36	42	48	55,5	63,5					
E	mm	20	24	31	36	44	55	64	72	83	99					
H (min)	mm	36	40	51	57	67	85	99	113	127	151					
Koncovka		SA10	SA12	SA16	SA20	SA24	SA30	SA36	SA42	SA48	SA56	SA64	SA76	SA85	SA90	SA100
B	mm	78	92	118	147	174	213	249	284	321	364	408	471	524	555	625
T (min)	mm	9	9	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	72	80	85
C Dia.	mm	17	19	25	29	35	43	52	60	69	80	91	108	121	129	143
D Dia.	mm	11,5	13	17,5	21,5	25,5	31,5	37,5	43,5	49,5	57,5	65,5	79,5	91,5	96,5	111,5
E	mm	18	22	29	34	42	53	62	71	81	97	111	132	153	162	189
H	mm	30	34	45	53	63	81	95	109	123	147	169	201	236	248	289
Čep		PA10	PA12	PA16	PA20	PA24	PA30	PA36	PA42	PA48	PA56	PA64	PA76	PA85	PA90	PA100
P Dia.	mm	10,5	12	16	20	24	29	35	41	47	55	63	76	90	93	108
L	mm	22	24	30	39	46	52	66	78	91	100	120	151	155	175	180
Čep		PE10	PE12	PE16	PE20	PE24	PE30	PE36	PE42	PE48	PE56	PE64	PE76	PE85	PE90	PE100
P Dia.	mm	10,5	12	16	20	24	29	35	41	47	55	63	76	90	93	108
M	mm	22	24	30	39	46	52	66	78	91	100	120	151	155	175	180
Napínák		TA10	TA12	TA16	TA20	TA24	TA30	TA36	TA42	TA48	TA56	TA64	TA76	TA85	TA90	TA100
O/D	mm	17	19	25	29	35	43	52	60	69	80	91	108	121	129	143
Z	mm	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P	mm	74	78	88	90	99	160	172	184	196	212	228	252	270	280	300
Spojka		CA10	CA12	CA16	CA20	CA24	CA30	CA36	CA42	CA48	CA56	CA64	CA76	CA85	CA90	CA100
O/D	mm	17	19	25	29	35	43	52	60	69	80	91	108	121	129	143
L	mm	25	29	37	45	53	65	77	89	101	117	133	157	175	185	205
Krytka		LC10	LC12	LC16	LC20	LC24	LC30	LC36	LC42	LC48	LC56	LC64	LC76	LC85	LC90	LC100
X Dia.	mm	16	18	24	28	34	42	51	59	67	79	90	107	120	128	142
L	mm	48	48	58	60	74	105	111	117	123	136	144	156	185	170	180
Nerezová krytka		LCS10	LCS12	LCS16	LCS20	LCS24	LCS30	LCS36	LCS42	LCS48	LCS56					
X Dia.	mm	16	18	24	28	34	42	51	59	67	79	90	107	120	128	142
L	mm	48	48	50	55	65	90	100	100	100	105					

* Standardní ocelový styčkový plech S355 nebo styčkový plech ekvivalentní pevnosti

** Pro použití s izolačním rukávem nebo podložkou



THE POWER OF FASTENING



Nový

Katalog BeA

Kování pro dřevěné konstrukce

100 let

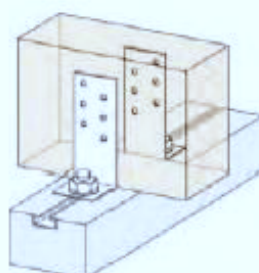
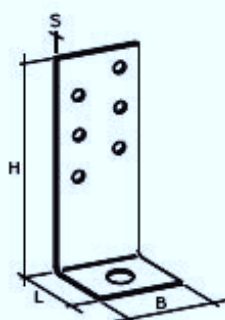
BeA – spojovací systém

20 let

BeA CS, spol. s r.o.



Rozměry (H x L x S x B)	Počet otvorů Ø 5/ Ø 13 mm	Hmotnost 1 kusu	Kusů v balení	Objednací číslo
90 x 35 x 3,0 x 40	4/ 1	0,120	100	17400006
90 x 35 x 3,0 x 40	6/ 1	0,120	100	17400379
90 x 35 x 3,0 x 80	12/ 2	0,240	50	17400007
125 x 35 x 3,0 x 40	8/ 1	0,154	50	17400009
125 x 35 x 3,0 x 80	16/ 3	0,307	25	17400010
165 x 35 x 3,0 x 40	12/ 1	0,192	50	17400013
165 x 35 x 3,0 x 80	24/ 3	0,384	25	17400014
205 x 35 x 3,0 x 40	16/ 1	0,230	50	17400017
205 x 35 x 3,0 x 80	32/ 3	0,461	25	17400018
265 x 35 x 3,0 x 40	22/ 1	0,288	50	17400020
265 x 35 x 3,0 x 80	44/ 3	0,576	25	17400021



Rozměry (H x L x S x B)	Počet otvorů Ø 5/ Ø 11 mm	Hmotnost 1 kusu	Kusů v balení	Objednací číslo
70 x 70 x 2 x 55 bez prolisu	14/ 2	0,120	100	17400356
70 x 70 x 2 x 55 s prolisem	14/ 2	0,120	50	17400355
70 x 70 x 2,5 x 55 bez prolisu	14/ 2	0,136	50	17400234
70 x 70 x 2,5 x 55 s prolisem	14/ 2	0,136	50	17400233
90 x 90 x 2,5 x 65 bez prolisu	18/ 2	0,200	50	17400218
90 x 90 x 2,5 x 65 s prolisem	16/ 2	0,200	50	17400394
105 x 105 x 3,0 x 90 bez prolisu	26/ 6	0,400	50	17400220
105 x 105 x 3,0 x 90 s prolisem	22/ 4	0,400	50	17400395

